

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

MÁRCIO GHISI GUIMARÃES

**UM SISTEMA DE APOIO A DOSIMETRIA DA PENA
DO CÓDIGO PENAL BRASILEIRO
UTILIZANDO FUZZY LOGIC**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte
dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação

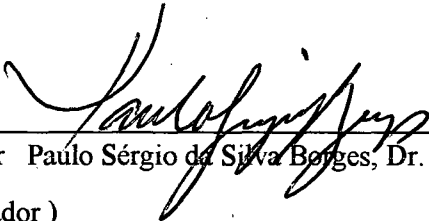
Professor Orientador: PAULO SÉRGIO DA SILVA BORGES, Dr.

Florianópolis, novembro de 2000.

UM SISTEMA DE APOIO A DOSIMETRIA DA PENA DO CÓDIGO PENAL BRASILEIRO UTILIZANDO FUZZY LOGIC

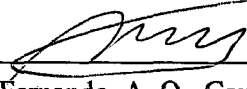
MÁRCIO GHISI GUIMARÃES

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação. Área de Concentração Sistemas de Conhecimento, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.



Professor Paulo Sérgio da Silva Borges, Dr.

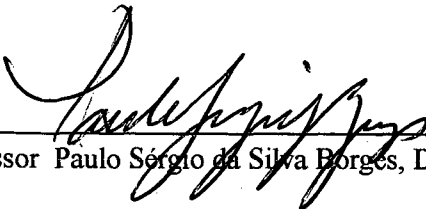
(Orientador)



Professor Fernando A. O. Gauthier, Dr.

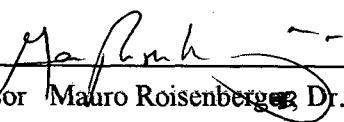
(Coordenador do Curso)

Banca Examinadora:



Professor Paulo Sérgio da Silva Borges, Dr.

Professor Jorge Muniz Barreto, Dr.



Professor Mauro Roisenberg, Dr.

EPÍGRAFE

“Enquanto as leis matemáticas se referirem à realidade, elas são imprecisas. E enquanto absolutamente precisas, não se referem à realidade”

(Albert Einstein)

OFERECIMENTO

Especial oferecimento e reconhecimento ao professor orientador pela atenciosa dedicação e compreensão, à minha esposa pelo incentivo, ao meu sogro, meus pais e demais familiares e colegas de sala de aula que contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTO

Fortes agradecimentos ao Curso de Pós-Graduação em
Ciência da Computação pelos recursos disponibilizados e aos
funcionários da secretaria pela gentil atenção sempre disponibilizada.

Reconhecimento aos Professores pelo farto empenho que
dedicam ao enriquecimento da iniciação científica dos alunos.

SUMÁRIO

Resumo	ix
Abstract	x
CAPÍTULO 1	11
1.1 Introdução	11
1.2 Publicações	13
1.3 Fuzzy Logic	13
1.3.1 O que é Fuzzy Logic	15
1.3.2 Formato dos conjuntos utilizados	19
1.3.3 Operadores básicos	21
1.3.4 Hedges	22
1.3.5 Implementação de regras	23
CAPÍTULO 2	28
2.1 Dosimetria da Pena	28
2.2 Sentença de furto qualificado	29
2.3 Sentença de tráfico de entorpecente	31

CAPÍTULO 3	34
3.1 Primeira Fase	34
3.2 Circunstâncias judiciais	35
3.2.1 Conjuntos nebulosos	36
3.2.2 Regras de controle	45
3.2.3 Defuzzificação	55
CAPÍTULO 4	57
4.1 Segunda Fase	57
4.2 Circunstâncias Legais Agravantes	58
4.2.1 Conjunto nebuloso	59
4.2.2 Regras de controle	61
4.2.3 Defuzzificação	67
CAPÍTULO 5	70
5.1 Circunstâncias Legais Atenuantes	70
5.1.1 Conjunto nebuloso	71
5.1.2 Regras de controle	73
5.1.3 Defuzzificação	79
CAPÍTULO 6	82
6.1 Pena Final	82
6.1.1 Primeira Forma	82
6.1.2 Segunda Forma	83
6.1.3 Terceira Forma	84
6.1.4 Representação de funções lineares no processo de defuzzificação	85

CAPÍTULO 7	87
7.1 Sentença suportada pelo modelo fuzzy proposto	87
7.2 Regras de Controle das circunstâncias judiciais	90
7.3 Defuzzificação das Circunstâncias Judiciais	92
7.4 Circunstâncias Legais Agravantes	94
7.5 Circunstâncias Legais Atenuantes	94
7.6 Regras de Controle das Circunstâncias Legais Atenuantes	95
7.7 Defuzzificação das Circunstâncias Legais Atenuantes	96
7.8 Pena final	97
8. Conclusões	98
9. Anexos	99
Anexo A: Publicação nos <i>Anais do VIII Seminário de Computação</i>	99
Anexo B: Publicação nos <i>Anais do XX Congresso Nacional da Sociedade</i> <i>Brasileira de Computação</i>	100
Anexo C: Publicação no <i>The International Joint Conference IBERAMIA / SBIA</i> <i>2000</i>	101
Anexo D: Lista de Figuras	102
10. Referências Bibliográficas	104

RESUMO

Das três sucessivas fases que compõem a Dosimetria da Pena, a primeira refere-se as Circunstâncias Judiciais e a Segunda as Circunstâncias Legais Agravantes e Atenuantes, determinadas nos artigos 59, 61, 62, 65 e 66 do Código Penal Brasileiro (FERRAZ, 1989b).

Entretanto os crimes prescritos nos artigos 121 a 359 são definidos em um intervalo (OLIVEIRA, 1992), portanto é necessário ao magistrado aplicar as circunstâncias para extrair um valor exato de pena. Mas para aplicá-las, o Código não prescreve uma quantidade ou “quantum” de pena para cada uma das circunstâncias aplicadas (FERRAZ, 1989a).

Esta situação gera um fator de incerteza. Sendo assim, os magistrados involuntariamente aplicam diferentes sentenças para similares crimes. Para tratamento de incertezas, a Lógica Difusa ou Nebulosa (Fuzzy Logic) é considerada uma excelente técnica, sendo usada em diferentes áreas de interesse. A aplicação na Dosimetria da Pena inicia atribuindo o valor de importância da circunstância em uma função matemática, chamada de “função de pertinência”.

Um grupo de regras de controle irá tratar condicionalmente da equivalência das circunstâncias. A ação das regras com o respectivo grau de pertinência forma o processo de Fuzzificação (SILVER, 1998e). O método do centro de gravidade é usado no processo de Defuzzificação (SILVER, 1998f), resultando em um exato valor que representa o “quantum de agravação ou atenuação” de pena referente a primeira e segunda fases da Dosimetria da Pena do Código Penal Brasileiro.

ABSTRACT

Of the three successive phases that compose Dosimetry of the Condemnation, the first refers to the Judicial Circumstances and second the Aggravating and Extenuating Legal Circumstances, determined by the articles 59, 61, 62, 65 and 66 of the Brazilian Penal Code (FERRAZ, 1989a).

The therefore of the crimes foreseen from the art. 121 to the art. 359 are defined by an interval (OLIVEIRA, 1992), therefore it is necessary for the magistrate to apply the circumstances and to extract an exact value of the Condemnation. However, to apply them, the Code doesn't prescribe an amount or a "quantum" for each one of them (FERRAZ, 1989a).

This situation generates an uncertainty factor. Like this, the magistrates involuntarily apply different terms for similar crimes. For treatment of uncertainties, the Diffuse Logic or Nebula (Fuzzy Logic) an excellent technique is considered, being used in different areas of interest. The application in Dosimetry of the Condemnation start by attributing a value of importance of the circumstances in a mathematical function, called "membership function".

A group of control rules will treat conditionally of the equivalence of the circumstances. The action of the rules with the respective membership degrees forms the process of Fuzzification (SILVER, 1998e). The method of the center of gravity is used in the process of Defuzzification (SILVER, 1998f), resulting an exact value that represents the "aggravation quantum or attenuation" of referring feather the first two phases of Dosimetry of the Condemnation of the of the Brazilian Penal Code.

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

A primeira fase da dosimetria da pena, referente as circunstâncias judiciais do artigo 59 (OLIVEIRA, 1992), leva em consideração oito fatores. Cada fator, alguns ou todos, representam uma quantidade de pena não explícita pelo Código Penal, deixando desta forma o magistrado defronte de uma quantidade nebulosa a ser extraída de Culpabilidade, Antecedentes, Conduta social, Personalidade do agente, Motivos, Circunstâncias, Consequências do crime e Comportamento da vítima (FERRAZ, 1989b). Cada fator possui seu respectivo subconjunto Fuzzy Set para o processo de Fuzzificação (SILVER, 1998e), que melhor represente a intensidade do crime cometido. Os formatos dos subconjuntos utilizados são diferenciados, podendo utilizar funções do tipo linear crescente e decrescente, triangular, trapezoidal, equação quadrática, gaussiana. A modelagem do formato dos subconjuntos será tão melhor quanto mais precisamente *a função de pertinência mapear o comportamento do fenômeno*.

Uma coleção de regras lógicas contém no lado antecedente os graus de pertinência dos subconjuntos dos oito fatores, e no lado conseqüente o grau de pertinência resultante para os subconjuntos de defuzzificação (SILVER, 1998f). O processo de defuzzificação resultará em um valor exato, chamado de valor Crisp, representando a quantidade exata de pena procurada pelo magistrado referente à primeira fase. O término desta operação resulta no estabelecimento da *pena-base*, que será somado a quantidade a ser encontrada mais adiante.

Na segunda fase o magistrado considera as circunstâncias legais agravantes e atenuantes referenciadas nos artigos 61, 62, 65 e 66 (OLIVEIRA, 1992). Da mesma forma, também o *Código Penal* não fixou uma quantidade ou “quantum” de pena para cada uma destas circunstâncias, deixando novamente o magistrado a frente de um quadro de imprecisão. Exemplos de agravantes: A reincidência; cometer o crime contra criança, velho ou enfermo; estar em estado de embriaguez preordenada. Exemplos de atenuantes: Confessado

espontaneamente, ser menor de 21 anos ou maior de 70, O desconhecimento da lei (OLIVEIRA, 1992).

Cada uma das circunstâncias legais representa um subconjunto Fuzzy Set para o processo de Fuzzificação, ou seja, dezesseis subconjuntos para agravantes e oito para atenuantes. As circunstâncias recebem um valor inicial na escala $[0,100]$, fornecido pelo magistrado ou adotado um valor padrão sugerido pelo sistema. Este valor inicial pode ser modelado em conjunção com o artigo em que o réu foi enquadrado, através de uma Integral Fuzzy.

Os formatos dos subconjuntos utilizados também podem utilizar os mesmos tipos de funções da fase anterior. Uma coleção de regras lógicas são compostas para agravação e atenuação. Portanto, dois processos de defuzzificação se formam, encontrando para *agravação* um valor crisp para aumento de pena e outro valor crisp para diminuição de pena. O resultado matemático dos dois valores crisp resulta no montante de pena referente à segunda fase, o qual deve ainda ser somado ou subtraído com o montante encontrado pela primeira.

A terceira fase considera as causas especiais de aumento ou de diminuição, quando referenciadas no artigo do Código Penal em questão, sendo exatamente definidas as quantidades pelo Código em frações de um meio, um terço, um sexto, três quartos para aumento ou diminuição (OLIVEIRA, 1992). Esta fase não necessita aplicação de Fuzzy Logic, por já ser matematicamente exata.

Portanto, pela constatação de que fatores e circunstâncias não exatas estão envolvidas no processo, divergências podem ocorrer na busca de um valor preciso, sendo possível haver diferenças quando da aplicação de penas por distintos magistrados, ocasionando prejuízo ao réu e ao Direito Penal como um todo. Outras características também podem influenciar em sentenças, como estado emocional de magistrados, pessoas envolvidas, locais e datas de julgamentos, etc. Fuzzy Logic como é uma excelente técnica para o tratamento de incertezas, utilmente pode ser aplicada na dosimetria da pena. Outra vantagem desta metodologia está na característica de não incorporar influência externa, restringindo-se apenas ao tratamento de predicado previamente estipulado. Pelo fato de incorporar parâmetros e decisões de vários magistrados, torna-se uma ótima ferramenta de apoio ou um assistente para auxiliar a decisão final de um magistrado.

1.2 Publicações

No transcorrer dos trabalhos de pesquisa desta Dissertação, alguns Artigos foram submetidos para Seminários, Congressos e Conferências, a título de já demonstrar estudos iniciais e conhecer opiniões de conhecedores, Mestres e Doutores na respectiva área de interesse.

Três Artigos foram aceitos para publicação nos referidos Anais e Apresentação.

O primeiro Artigo publicado e apresentado no Seminário de Computação - VIII SEMINCO, coordenado pela FURB, foi realizado na cidade de Blumenau/SC, para uma plateia de aproximadamente 200 alunos dos cursos de graduação, teve como ênfase apresentar um trabalho real na área de Inteligência Computacional. Ver Anexo A.

O segundo Artigo publicado e apresentado no Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação, no Seminário Integrado de Software e Hardware - SEMISH 2000, coordenado pela PUC-PR, realizado na cidade de Curitiba/PR, teve como ênfase por parte da Organização do Evento, a integração Empresa Universidade, atribuindo ao Artigo apresentado um bom potencial de utilização prática. Ver Anexo B.

O terceiro Artigo submetido foi aceito para publicação e apresentação no The International Joint Conference – IBERAMIA'2000, no The Brazilian AI Sympósium - SBIA'2000 para Open Discussion Track, coordenado pela USP, a ser realizado na cidade de Atibaia-SP, em novembro de 2000. Cabe aqui salientar que os Artigos foram sendo aprimorados e melhorados em conjunção com o andamento das pesquisas ocorridas na Dissertação. Ver Anexo C.

1.3 Fuzzy Logic

Aristóteles, filósofo grego (384 – 322 a.C.), foi o fundador da ciência da lógica, e estabeleceu um conjunto de regras rígidas para que conclusões pudessem ser aceitas logicamente válidas. O emprego da lógica de Aristóteles levava a uma linha de raciocínio

lógico baseado em premissas e conclusões. Como um exemplo: observa-se que “todo ser vivo é mortal” (premissa 1), a seguir é constatado que “João é um ser vivo” (premissa 2), como conclusão temos que “João é mortal”. Desde então, a lógica Ocidental, assim chamada, tem sido binária, isto é, uma declaração é falsa ou verdadeira, não podendo ser ao mesmo tempo parcialmente verdadeira e parcialmente falsa. Esta suposição e a lei da contradição, que coloca “U e não U” abrangem todas as possibilidades, formam a base do pensamento lógico Ocidental. A lógica nebulosa (Fuzzy Logic) viola estas suposições. O conceito de dualidade, estabelecendo que algo pode e deve coexistir com o seu oposto, faz a lógica nebulosa parecer natural, até mesmo inevitável. A lógica de Aristóteles trata de valores “verdade” das afirmações, classificando-as como verdadeiras ou falsas. Não obstante, muitas das experiências humanas não podem ser classificadas simplesmente como verdadeiras ou falsas, sim ou não, branco ou preto. Por exemplo, é aquele homem alto ou baixo? A taxa de risco para aquele empreendimento é grande ou pequena? Um sim ou não como respostas a estas questões é, na maioria das vezes, incompleta. Na verdade, entre a certeza de ser e a certeza de não ser, existem infinitos graus de incerteza. Esta imperfeição intrínseca à informação representada numa linguagem natural tem sido tratada matematicamente no passado com o uso da teoria das probabilidades. Contudo, a lógica nebulosa (SOUZA, 1999a), com base na teoria dos conjuntos nebulosos (Fuzzy Set) (SILVER, 1998d), tem se mostrado mais adequada para tratar imperfeições da informação do que a teoria das probabilidades. Semanticamente, uma distinção entre probabilidade e Fuzzy Logic (KANTROWITZ, 1997c), está na afirmação de uma probabilidade para um evento ocorrer ou não, sendo que afirmar com Fuzzy quando um evento ocorre ou não é inequívoco. De forma mais objetiva e preliminar, podemos definir lógica nebulosa como sendo uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em linguagem natural, e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação pelos computadores de hoje em dia. Considere a seguinte afirmativa: Se o tempo de um investimento é longo e o sistema financeiro tem sido não muito estável, então a taxa de risco do investimento é muito alta. Os termos “longo”, “mais ou menos” e “muito alto” trazem consigo informações vagas. A extração (representação) destas informações vagas se dá através do uso de conjuntos nebulosos. Devido a esta propriedade e a capacidade de

realizar inferências, a lógica nebulosa tem encontrado grandes aplicações, tais como: Controle de aeronave (Rockwell Corp.), Operação do metrô de Sendai (Hitachi), Transmissão Automática (Nissan, Subaru), Space Shuttle Docking (NASA), Elevadores (Hitach, Fujitech, Mitsubishi), Análise do mercado de ações (Yamaichi), Ajuste de Imagem de TV (Sony), Autofocus para Câmera de Vídeo (Cannon), Estabilizador de Imagens de Vídeo (Panasonic), entre outras.

1.3.1 O que é Fuzzy Logic

Os conjuntos Fuzzy (KANTROWITZ, 1997a), (KANTROWITZ, 1997b), (SOUZA, 1999b), constituem uma “ponte” no caminho de aproximar o raciocínio humano ao da lógica executada pela máquina. Tradicionalmente, temos em conjuntos convencionais limites bruscos (por exemplo, o conjunto dos números maiores que 2), onde a transição dos membros para não membros é abrupta e repentina. O grau de associação do conjunto é especificado, por exemplo, por um número “1” para os membros e “0” para os não membros. Por exemplo, um controlador de temperatura pode considerar 35°C como quente, mas 34,9°C como frio. Em um conjunto Fuzzy, diferentemente, as transições entre o membro e o não membro estão numa faixa gradual, sendo associado um grau ao elemento entre “0” (totalmente não membro) e “1” (totalmente membro). Naquele controlador de temperatura, 20°C pode ser ‘morno’ e um pouco frio ao mesmo tempo, 50°C ‘muito quente’ e assim por diante. A Fig. 1 mostra a transição brusca em conjunto convencional e a passagem gradativa de um conjunto Fuzzy (SOUZA, 1999b):

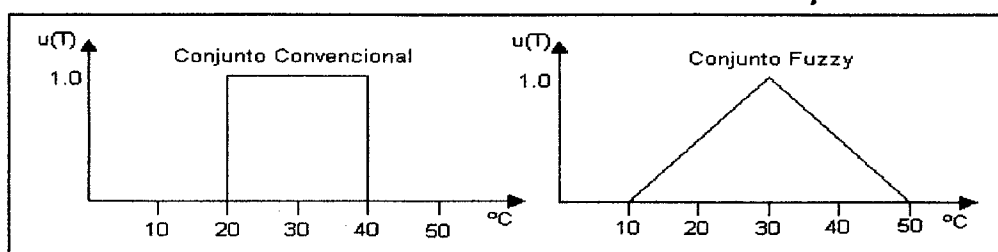


Figura 1. Conjunto convencional e Fuzzy.

Sendo assim precisão nem sempre é necessária, sendo que do ponto de vista térmico, é indiferente se a temperatura da sala estiver a 26°C ou a 25 °C. Alguns exemplos de conjuntos fuzzy, com fronteiras incertas são os conjuntos dos carros caros, dos números pequenos, das pessoas altas, etc. Suponha que tenhamos o conjunto dos homens jovens. Se José tiver 48 anos de idade, o seu grau de associação ou pertinência nesse conjunto deveria ser, por exemplo, 0.3. O conjunto “jovem”, então, é definido pela função de associação ou de pertinência e atribui a cada membro seu grau nesse conjunto. Basicamente, o grau de associação é subjetivo naturalmente; é um problema de definição mais do que de medição e o número 0.3 no caso de José deve ser encarado como a resposta da questão: “José tem 48 anos. A qual grau, na escala entre {0,1}, o rótulo ‘jovem’ se aplica a José”. O grau de associação não é probabilidade. Basicamente é uma medida da compatibilidade do objeto com o conceito representado pelo conjunto fuzzy. Por exemplo, o número 0.3 é a compatibilidade de José com a definição do conjunto dos homens jovens. Esse número 0.3 não é a probabilidade de José ser um homem jovem, pois ele já tem sua idade definida de 48 anos. Para melhor exemplificar, relacionando a “*pressão*” de uma determinada máquina em um conjunto fuzzy A, tem-se a seguinte interpretação:

- 1 está representado no conjunto “pressão” com grau de pertinência 0.
- 2 pertence ao conjunto “pressão” com grau de pertinência 0.25.
- 4 pertence ao conjunto “pressão” com grau de pertinência 0.75.
- x está no conjunto “pressão” com grau 1, se $x \geq 5$.
-

O grau de pertinência é resultado da função associada ao conjunto “pressão”. Fig. 2.

$$A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \geq 5 \\ 1 - ((5-x) / (5-1)) & \text{se } 1 \leq x \leq 5 \\ 0 & \text{outros valores} \end{cases}$$

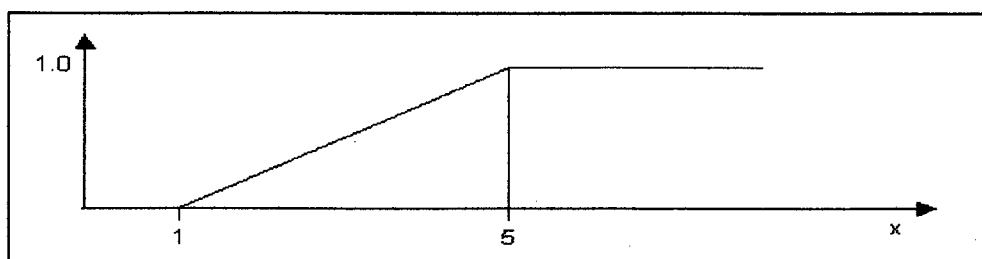


Figura 2. Função de pertinência para o conjunto “pressão”.

Para representar conjunto fuzzy B de “pequeno volume”, por exemplo, a função de pertinência, mostrada pela Fig. 3, é interpretada como segue.

- 5 está representado no conjunto “pequeno volume”, com grau de pertinência 0.
- 4 pertence ao conjunto “pequeno volume”, com grau de pertinência 0.25.
- 2 pertence ao conjunto “pequeno volume”, com grau de pertinência 0.75.
- x está no conjunto “pequeno volume” com grau 1, se $x \leq 1$.

$$B(x) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{se } 0 < x \leq 1 \\ 1 - ((5-x) / (5-1)) & \text{se } 1 \leq x \leq 5 \\ 0 & \text{outros valores} \end{array} \right\}$$

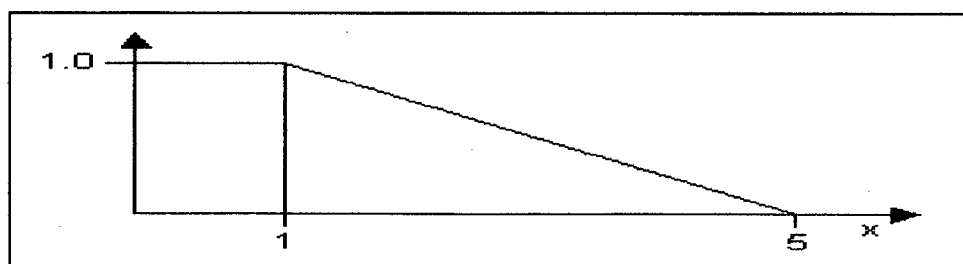


Figura 3. Função de pertinência para o conjunto “pequeno volume”.

Na grande maioria das aplicações dos sistemas nebulosos em engenharia, a troca de informações entre o ambiente e o sistema deve dá-se por meio de variáveis cujos valores são números reais. Exemplificando: a saída de um sensor de temperatura é um valor real

(ex.: 65°C) e não um conjunto nebuloso. Assim, este interfaceamento entre o sistema nebuloso puro e o ambiente no qual ele está situado, se dá através de dois blocos funcionais chamados de *Fuzzificador* (SILVER, 1998e) e *Defuzzificador* (SILVER, 1998f), respectivamente. O bloco fuzzificador tem a função de converter um valor real em um conjunto nebuloso. O mais simples dos fuzzificadores é o “singleton” que converte um número real em um conjunto nebuloso singleton. O bloco desfuzzificador realiza o processo inverso. Dentre os métodos existentes, o mais popular é o método do centro de gravidade. A Fig. 4 mostra uma visualização gráfica do processo (VIOT, 1993). É possível também que um valor de entrada (u ou v) pode ativar mais de uma regra ao mesmo tempo. Isto é completamente diferente do sistema especialista clássico, onde uma premissa simples só ativa uma única regra.

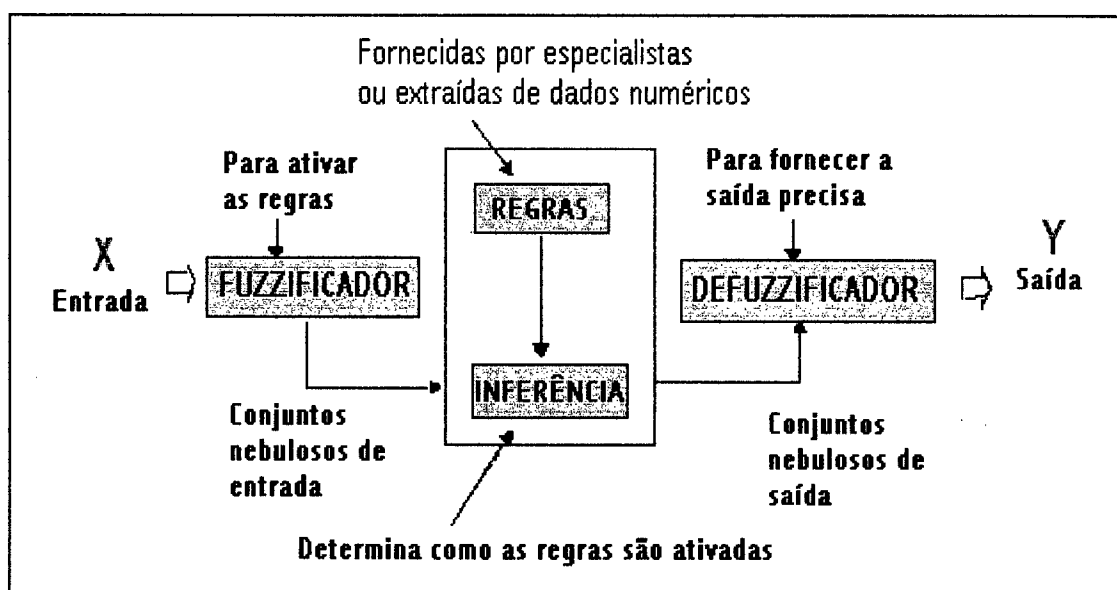


Figura 4. Sistema Fuzzy.

1.3.2 Formato dos conjuntos utilizados

Um conjunto fuzzy com formato de uma função triangular, ver Fig. 5, apresenta um centro “a”, uma largura a esquerda $\alpha > 0$ e uma largura a direita $\beta > 0$, se a função de pertinência tiver a seguinte forma:

$$A(t) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 - (a - t) / \alpha & \text{se } a - \alpha \leq t \leq a \\ 1 - (t - a) / \beta & \text{se } a \leq t \leq a + \beta \\ 0 & \text{outros valores} \end{array} \right\}$$

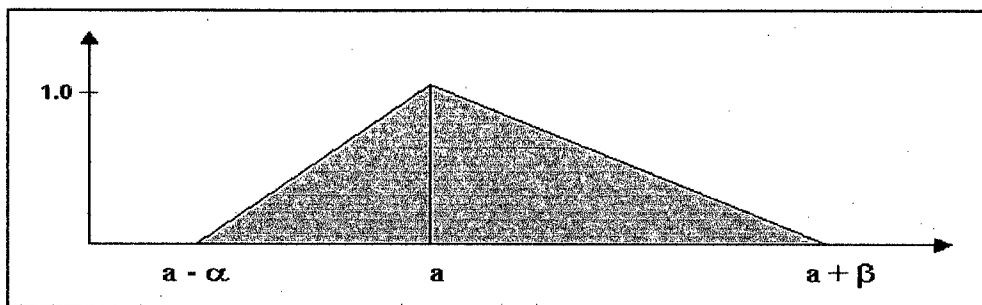


Figura 5. Função triangular.

Um conjunto fuzzy com formato de uma função trapezoidal, ver Fig. 6, apresenta um intervalo $[a,b]$, uma largura a esquerda α e uma largura β a direita, se a função de pertinência tiver a seguinte forma:

$$A(t) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 - (a - t) / \alpha & \text{se } a - \alpha \leq t \leq a \\ 1 & \text{se } a \leq t \leq b \\ 1 - (t - b) / \beta & \text{se } b \leq t \leq b + \beta \\ 0 & \text{outros valores} \end{array} \right\}$$

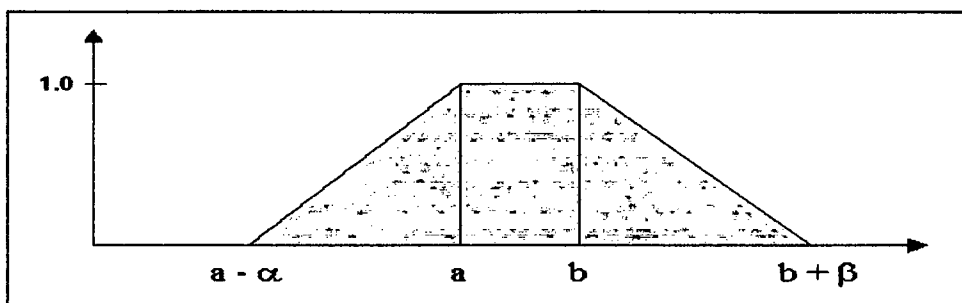


Figura 6. Função trapezoidal.

Um conjunto fuzzy com formato de uma função decrescente, ver Fig. 7, apresenta o ponto máximo em “a”, e uma largura a direita $\alpha > 0$ se a função de pertinência tiver a seguinte forma:

$$A(t) = \left\{ \begin{array}{ll} (b - \alpha) / (b - a) & \text{se } a \leq \alpha \leq b \\ 0 & \text{outros valores} \end{array} \right\}$$

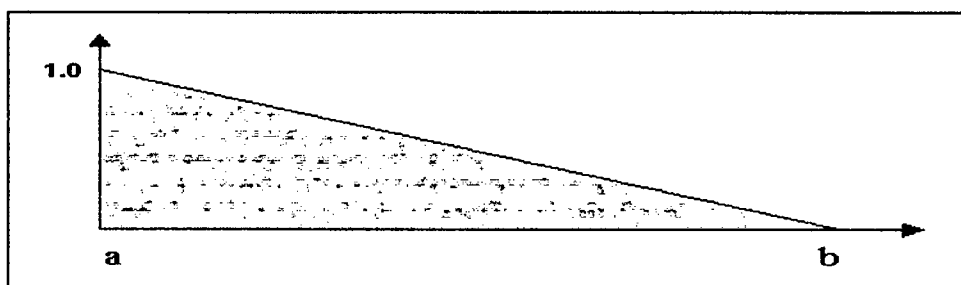


Figura 7. Função decrescente.

Um conjunto fuzzy com formato de uma função crescente, ver Fig. 8, apresenta o ponto máximo em “b”, e uma largura a esquerda $\alpha > 0$ se a função de pertinência tiver a seguinte forma:

$$A(t) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 - (b - \alpha) / (b - a) & \text{e } a \leq \alpha \leq b \\ 0 & \text{outros valores} \end{array} \right\}$$

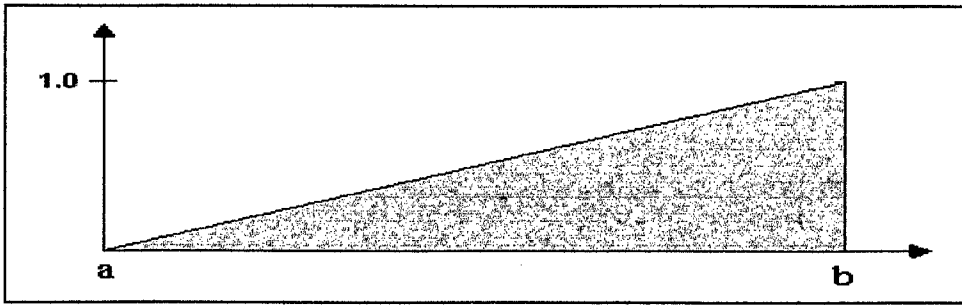


Figura 8. Função decrescente.

1. 3. 3 Operadores básicos

Os operadores mais utilizados nas regras de controle referem-se a intersecção (MIN) e a união (MAX), sendo A e B subconjuntos não vazios de um conjunto X.

A intersecção de A e B, Fig. 9, é definida como :

$$(A \cap B)(t) = \text{MIN} \{ A(t), B(t) \} = A(t) \wedge B(t), \text{ para todo } t \in X$$

$(A \cap B)$ pode ser interpretado em “x está em A and x está em B”.

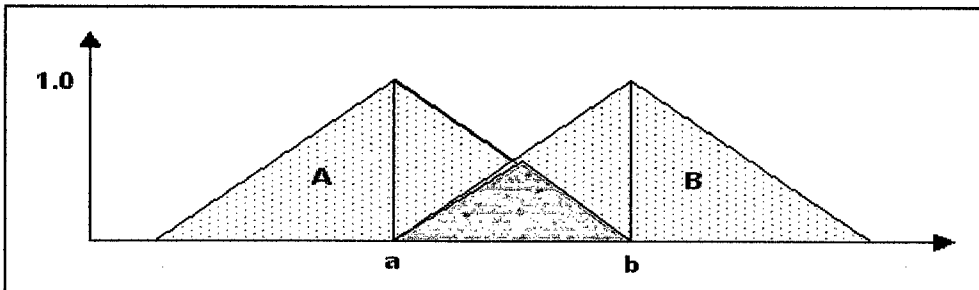


Figura 9. Intersecção de dois subconjuntos triangulares.

A união de A e B, Fig.10, é definida como:

$$(A \cup B)(t) = \text{MAX} \{ A(t), B(t) \} = A(t) \vee B(t), \forall t \in X$$

$(A \cup B)$ pode ser interpretado em “x está rente de A or x está rente de B”.

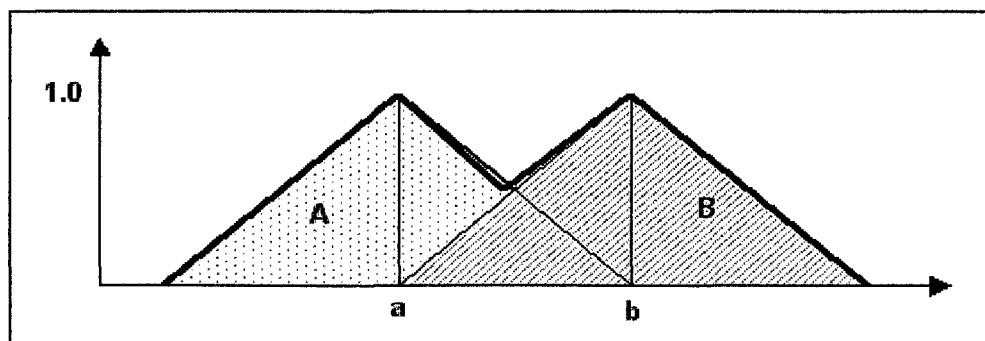


Figura 10. União de dois subconjuntos triangulares.

1. 3. 4 Hedges

Uma importante característica de um sistema Fuzzy é a habilidade para definir “hedges”, ou modificadores de valores. Estas operações são fornecidas para enfatizar uma linguagem natural, e para permitir uma generalização de instruções fuzzy para possíveis cálculos matemáticos. Assim sendo, a definição inicial e operação de hedges são um processo muito subjetivo e pode variar de um projeto para outro. Um simples exemplo de como uma sentença pode ser transformada, é dado pelas expressões “Pedro é jovem” para “Pedro é muito jovem”. O hedges *muito* pode ser definido de várias maneiras, conforme a modelagem que se queira enfatizar. Exemplificando:

$$m \text{ “muito” } A(x) = mA(x)^2$$

Assim,

$$\text{Se } m \text{ JOVEM (Pedro)} = 0.8 ,$$

$$\text{Então } m \text{ MUITO JOVEM (Pedro)} = 0.64$$

Outros hedges normalmente utilizados são “mais ou menos”, “meio”, “mais um pouco” e assim por diante. Novamente, esta ênfase é subjetiva, mas sua operação é consistente, podendo transformar valores verdadeiros de graus de pertinência. Entretanto, a aplicação de hedges deve ter uma certa cautela por quem projeta o sistema, visto que é possível haver uma alteração no significado das regras de controle, podendo perturbar o resultado final do modelo. Uma boa escolha de sua aplicação, pode caracterizar-se quando as regras não estão conseguindo por si só atingir um resultado esperado, Desta maneira, de forma gradativa, a inserção dos mesmos deve ser controlada com a verificação atingida na alteração dos resultados.

1. 3. 5 Implementação de regras

No desenvolvimento de uma aplicação em fuzzy, uma das dificuldades está na implementação e classificação das regras de controle (RUSSEL, 1996). Uma ferramenta flexível de Inteligência Computacional pode trazer boas soluções. A seguir é demonstrado uma ferramenta apresentada pelo Dr. Yuhui Shi, Purdue School Of Engineering and Technology, Indiana University Purdue University Indianapolis. Um arquivo de entrada no formato especificado pelas Fig. 11 e Fig. 12 visualizam o domínio dos conjuntos nebulosos. As regras são classificadas de forma a eliminar conflitos e repetições. Segue um exemplo de identificação de flores.

```

16
4 1
comprimento_de_sépala 3 0.4 1.0
    reverseSigmoid 0.4 0.8
    gaussian 0.4 1.0
    sigmoid 0.6 1.0
altura_de_sépala 3 0.0 0.6
    leftTriangle 0.0 0.3
    Triangle 0.15 0.45
    rightTriangle 0.3 0.6
comprimento_de_pétala 3 0.0 1.0
    leftTriangle 0.0 0.4
    Triangle 0.2 0.7
    rightTriangle 0.4 1.0
altura_de_pétala 3 0.0 0.4
    leftTriangle 0.0 0.2
    Triangle 0.1 0.3
    rightTriangle 0.2 0.4
saída 3 0.0 1.0
    reverseSigmoid 0.0 0.4
    Gaussian 0.3 0.7
    rightTriangle 0.5 1.0

```

Figura 11. Arquivo de regras de um sistema fuzzy.

```

2 1 2 2 1
3 3 3 3 3
1 3 1 1 1
1 1 2 2 3
2 1 3 3 3
1 3 1 1 1
2 2 3 3 2
3 1 3 3 3
1 3 1 1 1
3 2 3 2 2
2 1 2 2 2
1 2 1 1 1
2 2 3 3 3
3 2 3 3 3
1 1 1 1 1
1 1 2 2 2

```

Figura 12. Arquivo de regras de um sistema fuzzy.

Qualquer tipo de regras pode ser implementada e classificada. A primeira linha do arquivo contém o número de regras listadas no arquivo, no caso 16. A próxima linha contém o número de variáveis de entrada e saída fuzzy, ou seja, o número de conjuntos nebulosos, sendo 4 entradas e 1 saída, respectivamente. Pode-se notar que há somente um conjunto nebuloso de saída e quatro de entrada. A próxima linha, *comprimento_de_sépala* 3 0.4 1.0, descreve como um conjunto fuzzy de entrada com 3 subconjuntos em uma escala de domínio dinâmica de 0.4 até 1.0. Dois principais tipos de função de pertinência são disponíveis: linear e não linear. O conjunto *comprimento_de_sépala* é representado por uma função não linear reverseSigmoid, Gaussian e Sigmoid. A função Gaussian é calculada usando a equação

$$\mu_{\text{GAUSSIAN}}(x) = \exp(-x^2/2)$$

para um domínio especificado entre [-4,4] $x = -4$ corresponde a *comprimento_de_sépala* com valor de 0.4 e $x = 4$ corresponde a valor de 1.0. A função sigmoid é calculada utilizando a equação

$$\mu_{\text{SIGMOID}}(x) = 1 / (1 + e^{-x})$$

onde um domínio de [-6,6] especifica que $x = -6$ retorna o valor 0.6 e para $x = 6$ retorna 1.0. A função reverseSigmoidal é uma imagem da Sigmoid, e é usada como uma função mais a esquerda onde uma não linear função seja necessário. O conjunto *altura_de_sépala* utiliza três subconjuntos, especificados pelas funções leftTriangle, Triangle e RightTriangle. A função linear leftTriangle representa valores mais a esquerda. O valor decresce de 1 para o domínio inferior para 0. A função Triangle é um triângulo isósceles, com um valor 0 para o limite inferior do domínio, 1 para o maior limite e zero para o limite direito. A função rightTriangle é uma imagem da leftTriangle.

Seguindo as próximas linhas do arquivo de entrada, o conjunto nebuloso *saída* representa a saída do modelo, representado por três subconjuntos, com um domínio no intervalo [0, 1], sendo os subconjuntos nos intervalos reverseSigmoid em [0.0, 0.4], Gaussian em [0.3, 0.7] e rightTriangle em [0.5, 1.0]. As funções dos subconjuntos são representadas por classes,

por exemplo, leftTriangle classe 1, Triangle classe 2 e right classe 3 para o conjunto *altura_de_sépala*.

A linha 2 1 2 2 1 é a primeira regra do conjunto de regras, tendo a seguinte interpretação:

“Se comprimento-de-sépala is medium and altura-de-sépala is baixo and comprimento-de-pétala is médio and altura-de-pétala is médio then saída is baixo” (saída é classe de 1 a 3).

As 15 linhas seguidas representam as próximas 15 regras. Note-se que existe três ocorrências da regra 1 3 1 1 1 sendo: “Se comprimento-de-sépala is baixo and altura-de-sépala is alto and comprimento-de-pétala is baixo and altura-de-pétala is baixo then saída is baixo”. Neste caso duas regras são eliminadas pela ferramenta de Inteligência Computacional. Também pode haver conflito de regras, como pode ser visto no arquivo da Fig. 12 pela regra 1: 2 1 2 2 1 e regra 11: 2 1 2 2 2. Ambas as regras tem o mesmo antecedente, mas diferente consequente. A regra um diz que a saída é baixo e a regra onze diz que é médio. Tais conflitos são “legais” em um sistema fuzzy, apesar de não ser normal de fato e não sendo permitido em sistemas tradicionais. No caso de múltiplas ocorrências de regras, uma ou todas podem ser eliminadas. É aceitável utilizar um zero para ignorar um antecedente em algumas situações. Observando a fig 12, tem-se que a regras 3, 12 e 15 são 1 3 1 1 1, 1 2 1 1 1 e 1 1 1 1 1, respectivamente. Como regras entram em conflito, são substituídas por uma regra do tipo 1 0 1 1 1, onde o zero soluciona o problema.

Portanto, eliminando as regras incompatíveis, apenas um conjunto de 10 regras estão classificadas, visto pela Fig. 13. Estas representam as regras definitivas encontradas pela ferramenta de Inteligência Computacional, onde a aplicação da mesma pode contribuir em muito para filtrar regras desnecessárias ao modelo pretendido.

2	1	2	2	1
3	0	3	3	3
1	0	1	1	1
1	1	2	2	3
2	1	3	3	3
2	2	3	3	2
3	2	3	2	2
2	1	2	2	2
2	2	3	3	3
1	1	2	2	2

Figura 13. Regras finais classificadas.

CAPÍTULO 2

2.1 Dosimetria da Pena

O Direito Penal ou Criminal é constituído de regras jurídicas que estão sujeitas a serem violadas (BECCARIA, 1999). Pode-se mesmo dizer que é da natureza do Direito essa possibilidade de infração, a qual, quando se reveste de gravidade, por atentar a valores, provoca uma reação por parte do Poder Público, o qual prevê sanções penais aos transgressores. Mas o Direito Penal, no sentido próprio do termo, é o sistema de princípios e regras mediante os quais se tipificam as formas de conduta consideradas criminosas, e para as quais são cominadas, de maneira precisa e prévia, penas ou medidas de segurança, visando a objetivos determinados.

A Dosimetria da Pena é a parte que tem a função de quantificar a pena definitiva. Todos os crimes previstos no Código Penal prescrevem as penas em um limite mínimo e máximo (FERRAZ, 1989a). Para tanto, o magistrado necessita extrair deste limite um valor único de pena. Mas como não está prescrito a quantidade deste valor único a ser extraído, logicamente é possível haver distorções na aplicação deste valor. Os parâmetros que se baseiam os magistrados são as 8 (oito) circunstâncias judiciais, 16 (dezesseis) agravantes e mais 8 (oito) atenuantes, totalizando 32 circunstâncias (OLIVEIRA, 1992). Portanto pode-se considerar que existe uma razoável dificuldade em se obter um valor exato destas circunstâncias com significado variável ou não exato. Acrescentando ainda, existe o princípio da equivalência entre circunstâncias, ou seja, uma agravante pode ser compensada por duas atenuantes, ou vice-versa (JACOB, 1999), de forma a possibilitar um grande número de combinações entre si, agravando mais ainda um processo idêntico de aplicação da dosimetria perante os magistrados. Toda a complexidade da aplicação das circunstâncias ainda pode ser influenciada pelo artigo em que o agente foi enquadrado, podendo este variar do artigo 121 a 359 (OLIVEIRA, 1992).

Aliado a isto tudo, ainda é possível que fatores externos ou pessoais possam também influenciar, tais como estado emocional, localidade, religião, datas, etc. Como se pode observar, a combinação de vários fatores pode reverter em prejuízo ou favorecimento à um determinado réu, de forma até a comprometer todo o processo da Dosimetria, pela simples complexidade em que está inserida.

Convertendo o processo para um modelo computacional, estas distorções deixam de existir, e a aplicação da Dosimetria elimina a imparcialidade de forma a facilitar e simplificar a mesma. Utilizando um sistema computacional Fuzzy, todo o processo ganha facilidade na sua implementação, dispensando grandes processamentos e elevados custos. Na medida que a modelagem dos subconjuntos e regras representam cada vez mais a expressão dos magistrados, mais confiável se torna a utilização de um processo computacional como ferramenta de apoio à magistrados.

2.2 Sentença de furto qualificado

“Ação Penal Pública Incondicionada nº 388/92.

Autora: A Justiça Pública

Réus (s): Antônio Gomes da Silva e Otacílio dos Santos

Juiz de Direito: Fábio Wellington Ataíde Alves

SENTENÇA

FURTO QUALIFICADO. Concurso de duas pessoas. Materialidade e autoria demonstradas. Conjunto probatório harmônico. Confissão judicial. Responsabilidade penal definida. Condenação.

QUALIFICADORA. Rompimento de obstáculo. Ausência de prova técnica. Indispensabilidade. Não ocorrência.

PENA. *Condenação superior a um ano, não ultrapassando os quatro. Condições judiciais favoráveis. Não reincidentia.*

DA MOTIVAÇÃO. Relata a denúncia que Antônio Gomes da Silva e Otacílio dos Santos, na madrugada do dia 27 de dezembro de 1991, subtraíram do Grupo Escolar do Conjunto PROAB, um televisor marca “Phillips”.

DA PENA DOS CONDENADOS. Observando o determinado pelo Código Penal, em seu art. 68, transponho-me ao cálculo da pena privativa de liberdade e de multa para os condenados.

DAS PENAS APLICÁVEIS DENTRE AS COMINADAS. Não há penas alternativas a serem aplicadas, mas apenas a privativa de liberdade cumulada com a pecuniária.

CIRCUNSTÂNCIAS JUDICIAIS. Inicialmente, transponho-me a examinar as circunstâncias judiciais do art. 59, do Código Penal:

1. Culpabilidade: Reprovável.
2. Antecedentes: Não os registra.
3. Conduta social: Moderada
4. Personalidade do agente: Sem particularidades a registrar.
5. Motivos: São individualistas.
6. Circunstâncias: Realizaram o fato, aproveitando-se das facilidades encontradas.
7. Consequências: De pouca monta.
8. Comportamento da vítima: Não contribuiu decisivamente para a configuração do ilícito.

DA FIXAÇÃO DA PENA-BASE PRIVATIVA DE LIBERDADE. Por tantos motivos, em relação a pena privativa de liberdade, considerando a favorabilidade das circunstâncias judiciais, fixo a pena-base em 2 (dois) anos de reclusão, portanto, no mínimo legal.

CIRCUNSTÂNCIAS LEGAIS. Não ocorreu agravante do art. 61, do Código Penal, nem atenuante obrigatória. Os agentes não eram menores de 21 (vinte e um anos), não houve confissão espontânea. A reparação do dano também não ocorreu, porque foi resultante da apreensão policial forçada.

ATENUANTES INOMIDADAS. Não há outras causas gerais de aumento ou de diminuição de pena. O arrependimento posterior, tratado pelo art. 16, do Código Penal, não se efetivou, em razão da falta de espontaneidade.

PENA PRIVATIVA DE LIBERDADE DEFINITIVA. Quanto a Antônio Gomes da Silva e Otacílio dos Santos, terminado o estudo das circunstâncias judiciais e legais, fixo a pena privativa de liberdade, definitivamente, *em 2 (dois) anos de reclusão*.

Monte Alegre, 23 de dezembro de 1998

Fábio Wellington Ataíde Alves

Juiz de Direito”

2.3 *Sentença de tráfico de entorpecente*

“Ação Penal Pública Incondicionada nº 10/96.

Autora: A Justiça Pública

Réus (s): Francinildo Ferreira de Paiva e Francinaldo Bezerra da Silva e Janaildo Alves Dantas e Reginaldo Bezerra da Silva

Juiz de Direito: Fábio Wellington Ataíde Alves

SENTENÇA

TRÁFICO DE ENTORPECENTES. Autoria e materialidade comprovados – Inteligência do art. 12 da Lei 6.368/76 – Condenação ordenada

PORTE DE MACONHA. Circunstâncias não caracterizadora de traficância. Desclassificação para o art. 16, da Lei de Tóxico – Condenação.

PASSO A DOSIMETRIA DA PENA. Da pena de Reginaldo Bezerra da Silva. Observando o determinado pelo Código Penal, em seu art. 68, transponho-me ao cálculo da pena privativa de liberdade e de multa para o réu.

CIRCUNSTÂNCIAS JUDICIAIS. Inicialmente, passo a examinar as circunstâncias judiciais do art. 59, do Código Penal:

1. Culpabilidade: A culpabilidade foi elevada. O acusado teve domínio sobre a situação delitiva, mas em nenhum momento lutou contra ela. Agiu, deliberadamente, com o intuito de promover o tráfico ilícito de entorpecente.
2. Antecedentes: Não tem maus antecedentes registrados.
3. Conduta social: Não há registros de que ele tenha péssimo relacionamento social, apesar de possuir ocupação laborativa eventual.
4. Personalidade do agente: Possui predisposição para o crime. Confessou que desde os 14 anos de idade tem contado com drogas.
5. Motivos: Os motivos do crime foram amplamente individualistas.
6. Circunstâncias: As circunstâncias do delito foram reprováveis. O réu realizava o tráfico em locais de difícil acesso.
7. Consequências do crime: As consequências atingiram não somente a saúde pública, como também aos indivíduos que receberam a erva

8. Comportamento da vítima: A coletividade não contribuiu para a configuração do ilícito.

DA FIXAÇÃO DA PENA-BASE PRIVATIVA DE LIBERDADE. Por tantos motivos, em relação a pena privativa de liberdade, considerando a desfavorabilidade das circunstâncias judiciais, fixo a pena-base em 5 (*cinco*) anos de reclusão, logo, pouco acima do mínimo legal.

CIRCUNSTÂNCIAS LEGAIS GERAIS:

AGRAVANTES. Não ocorreu nenhuma agravante do art. 61, do Código Penal.

ATENUANTES OBRIGATÓRIAS: Há do inciso I, do art. 65, do Código Penal. O agente era menor de 21 (vinte e um) anos.

Por conta da atenuante do inciso I, do art. 65 do Código Penal, abato a pena privativa de liberdade em 1 (um) ano, baixando-a para 4 (quatro) anos de reclusão.

PENA PRIVATIVA DE LIBERDADE DEFINITIVA. Assim sendo, julgo procedente a denúncia ministerial para condenar Reginaldo Bezerra da Silva, já qualificado, incurso no art. 12, da Lei de Tóxico, c/c art. 12 e 65, I, do Código Penal, pelo que fixo a pena privativa de liberdade definitivamente, em 4 (quatro) anos de reclusão.

Monte Alegre, 10 de outubro de 1998

Fábio Welligton Ataíde Alves

Juiz de Direito”

CAPÍTULO 3

3.1 *A Primeira Fase*

A Dosimetria da Pena está compreendida em três fases (FERRAZ, 1989b). A primeira leva em consideração as 8 (oito) Circunstâncias Judiciais do art. 59 do Código Penal Brasileiro (OLIVEIRA, 1992). Esta fase já determina uma quantidade de pena ou “quantum”, de forma a não ultrapassar o limite mínimo e máximo estipulado pelo artigo do Código em que o agente foi enquadrado. Este “quantum” de pena o magistrado deve determinar após verificar com que intensidade cada circunstância pode ser aplicada ao agente. Exemplificando, se o magistrado verifica nos autos do processo que o agente teve culpa no crime cometido, a circunstância judicial “Culpabilidade” deve ser aplicada com uma intensidade ponderada pelo magistrado, visto que no Código Penal não está escrito à intensidade da mesma. Esta intensidade pode variar de um magistrado para outro.

As circunstâncias judiciais recebem um valor inicial na escala [0, 100] de forma a refletir a intensidade no crime cometido pelo agente. Este valor representa o conceito de vários magistrados, podendo ser alterado como melhor se desejar, ou utilizar um valor padrão fornecido pelo sistema. Cabe ao magistrado fornecer o valor inicial ou adotar o valor padrão de intensidade sugerido pelo sistema. Este valor pode ser encontrado através de um modelo de Integral fuzzy (BORGES, 1996) em combinação com a importância do artigo de enquadramento. A aplicação da Integral fica como sugestão para aprimoramento deste modelo, ou para continuação dos estudos à nível de Doutorado.

As formas dos subconjuntos devem manter o melhor possível o significado das circunstâncias, levando em consideração tendências de continuidade e descontinuidade, sugerindo funções do tipo linear crescente e decrescente, triangular, trapezoidal. Para melhor representar o conceito das circunstâncias desta fase, cada uma terá seu próprio subconjunto fuzzy com a respectiva função de pertinência. Isto permite uma melhor flexibilidade na definição da intensidade de cada circunstância, de forma a permitir uma maior ou menor abrangência de um subconjunto. Por exemplo, um magistrado pode por

conceito próprio que “Culpabilidade” tem maior intensidade no crime do que “Conduta Social” ou outro magistrado pode considerar que “Consequências do crime” tem mais intensidade do que “Culpabilidade”, ou ainda, que ambas possuem as mesmas intensidades.

O modelo do sistema Fuzzy a ser aplicado nesta fase informará o “quantum” final procurado, levando em consideração quais ou qual circunstância aplicada, e todo o processo de fuzzificação (SILVER, 1998e) e defuzzificação (SILVER, 1998f).

3. 2 *Circunstâncias judiciais*

As circunstâncias judiciais referentes à primeira fase referem-se as estipulados pelo art. 59 do Código Penal Brasileiro. Não estipulou o Código um sequência de importância, intensidade ou quantidade de pena referente a cada uma das mesmas (OLIVEIRA, 1992). A aplicação de uma circunstância ao agente deve ser fundamentada ou justificada pelo magistrado. Na ordem em que estão escritas, as circunstâncias são as seguintes:

1. Culpabilidade do agente
2. Antecedentes do agente
3. Conduta social do agente
4. Personalidade do agente
5. Motivos do crime
6. Circunstâncias do crime
7. Consequências do crime
8. Comportamento da vítima

3. 2. 1 Conjuntos nebulosos

Cada circunstância judicial apresenta seu respectivo conjunto nebuloso Fuzzy, com seus respectivos subconjuntos, conforme mostrados a seguir. Foi idealizado no modelo conjuntos distintos para as circunstâncias para melhor permitir a parametrização do modelo. É bom lembrar que modificações nos subconjuntos podem influenciar nas regras de controle, e consequentemente no resultado final pretendido. As funções de pertinência utilizadas para representar os subconjuntos são básicas as mais utilizadas, tal como função crescente, decrescente, triangular e trapezoidal. Estas funções são de fácil processamento e caracterizam bem o conceito de continuidade e descontinuidade.

Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Culpabilidade

O subconjunto *FRACA* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [0,30]. O subconjunto *PARCIAL* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo [20,80]. O subconjunto *ELEVADA* é atribuído a função linear crescente no intervalo [40,80], com grau constante de valor 1 (um) em incidências maiores de 80. A Fig. 14 mostra o mapa dos subconjuntos.

$$\begin{aligned}
 \text{FRACA} &= \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x > 30 \\ (30 - x) / (30 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 30 \end{array} \right\} \\
 \text{PARCIAL} &= \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x \leq 20 \\ 1 - (50 - x) / (50 - 20) & \text{se } 20 < x \leq 50 \\ (80 - x) / (80 - 50) & \text{se } 50 < x \leq 80 \\ 0 & \text{se } x > 80 \end{array} \right\} \\
 \text{ELEVADA} &= \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x < 40 \\ 1 - ((80 - x) / (80 - 50)) & \text{se } 40 < x \leq 80 \\ 1 & \text{se } x > 80 \end{array} \right\}
 \end{aligned}$$

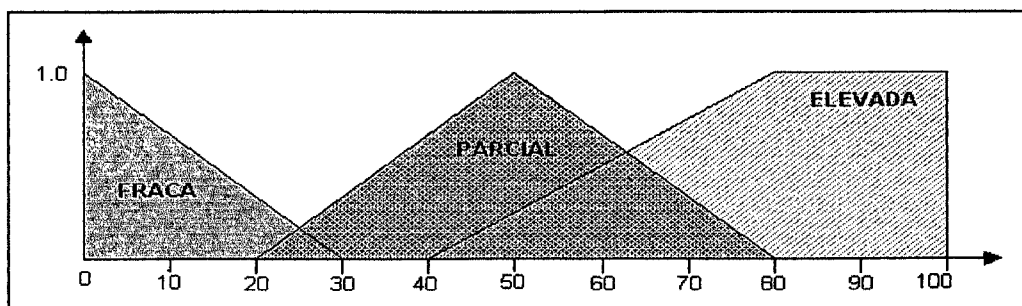


Figura 14. Mapa dos subconjuntos para *Culpabilidade*.

Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Antecedentes

O subconjunto INSIGNIFICANTES está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo $[0,62.5]$. O subconjunto SIGNIFICANTES utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo $[25,75]$. E ao subconjunto PÉSSIMOS é atribuído a função linear crescente no intervalo $[37.5,100]$. A função linear é uma boa escolha na aproximação de conceitos não bem compreendidos. A triangular apresenta rápido processamento e descontinuidade para melhor representar a passagem do subconjunto anterior para o posterior. A Fig. 15 de mostra o mapa dos subconjuntos.

$$\text{INSIGNIFICANTES} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x > 62.5 \\ (62.5 - x) / (62.5 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 62.5 \end{array} \right\}$$

$$\text{SIGNIFICANTES} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x \leq 25 \\ 1 - (50 - x) / (50 - 25) & \text{se } 25 < x \leq 50 \\ (75 - x) / (75 - 50) & \text{se } 50 < x \leq 75 \\ 0 & \text{se } x > 75 \end{array} \right\}$$

$$PÉSSIMOS = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x < 37.5 \\ 1 - ((100-x) / (100 - 37.5)) & \text{se } 37.5 < x \leq 100 \end{array} \right\}$$

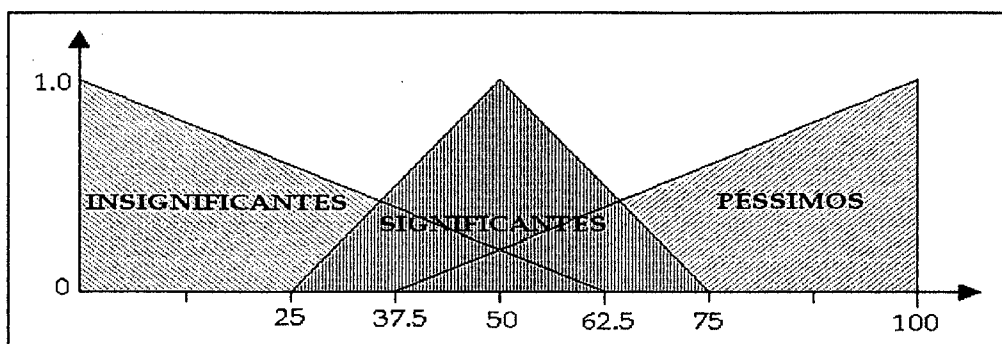


Figura 15. Formato dos subconjuntos para *Antecedentes*.

Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Conduta Social

O subconjunto *BOA* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo $[0,40]$. O subconjunto *MODERADA* utiliza uma função trapezoidal de pertinência no intervalo $[20,80]$. E ao subconjunto *RUIM* é atribuído a função linear crescente no intervalo $[60,100]$. A continuidade do intervalo $[40,60]$ reforça o conceito do subconjunto *MODERADA*. A Fig. 16 de mostra o mapa dos subconjuntos.

$$BOA = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x > 40 \\ (40 - x) / (40 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 40 \end{array} \right\}$$

$$MODERADA = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x \leq 20 \\ 1 - (40 - x) / (40 - 20) & \text{se } 20 < x \leq 40 \\ 1 & \text{se } 40 < x \leq 60 \\ (80 - x) / (80 - 60) & \text{se } 60 < x \leq 80 \\ 0 & \text{se } x > 80 \end{array} \right\}$$

$$RUIM = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 60 \\ 1 - ((100-x) / (100 - 60)) & \text{se } 60 < x \leq 100 \end{cases}$$

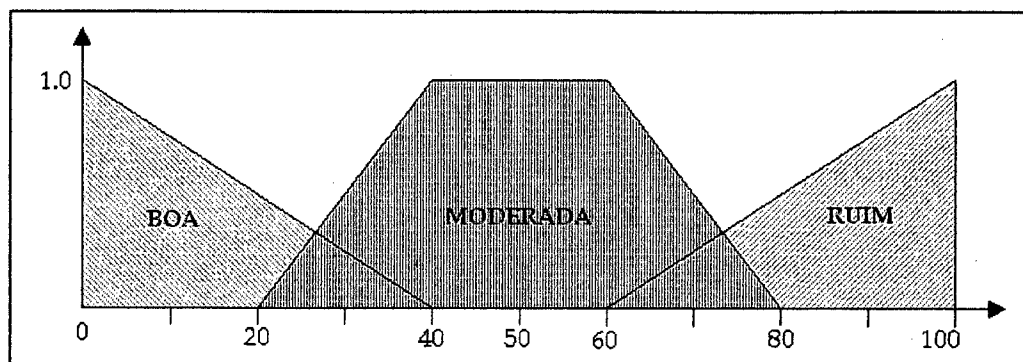


Figura 16. Formato dos subconjuntos para Conduta Social.

Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Personalidade

O subconjunto *LEVEMENTE ALTERADA* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [15,40] e grau constante um no intervalo [0,15]. O subconjunto *CONDUTA MODERADA* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo [30,70]. E ao subconjunto *MAU CARATER* é atribuído a função linear crescente no intervalo [50,100]. A Fig. 17 de monstra o mapa dos subconjuntos.

$$LEVEMENTE ALTERADA = \begin{cases} 0 & \text{se } x > 40 \\ 1 & \text{se } 0 < x < 15 \\ (40 - x) / (40 - 15) & \text{se } 15 \leq x \leq 40 \end{cases}$$

$$CONDUTA MODERADA = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq 30 \\ 1 - (50 - x) / (50 - 30) & \text{se } 30 < x \leq 50 \\ (70 - x) / (70 - 50) & \text{se } 50 < x \leq 70 \\ 0 & \text{se } x > 70 \end{cases}$$

$$MAU\ CARATER = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x < 50 \\ 1 - ((100-x) / (100 - 50)) & \text{se } 50 < x \leq 100 \end{array} \right\}$$

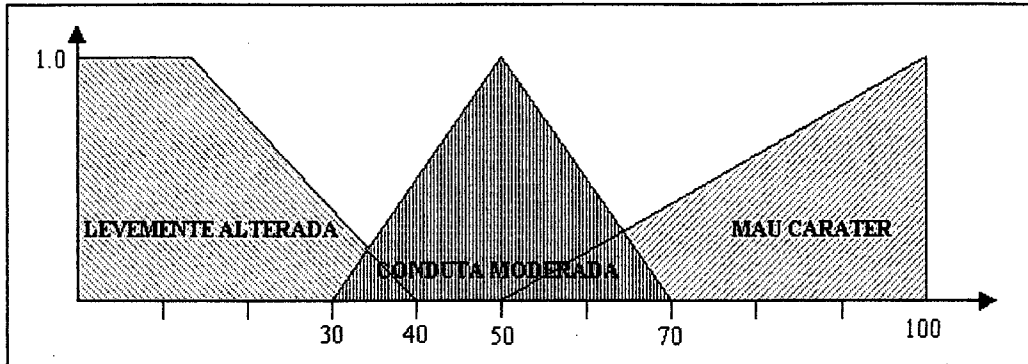


Figura 17. Formato dos subconjuntos para Personalidade.

Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Motivos

O subconjunto *POUCO DESFAVORÁVEL* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo $[0,50]$. O subconjunto *RAZOAVELMENTE DESFAVORÁVEL* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo $[30,70]$. E ao subconjunto *AMPLAMENTE DESFAVORÁVEL* é atribuído a função linear crescente no intervalo $[50,100]$. A Fig. 18 de mostra o mapa dos subconjuntos.

$$POUCO\ DESFAVORÁVEL = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x > 50 \\ (50 - x) / (50 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 50 \end{array} \right\}$$

$$\begin{array}{l} RAZOAVELMENTE \\ DESFAVORÁVEL \end{array} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x \leq 30 \\ 1 - (50 - x) / (50 - 30) & \text{se } 30 < x \leq 50 \\ (70 - x) / (70 - 50) & \text{se } 50 < x \leq 70 \\ 0 & \text{se } x > 70 \end{array} \right\}$$

$$\begin{array}{l} \text{AMPLAMENTE} \\ \text{DESFAVORÁVEL} \end{array} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x < 50 \\ 1 - ((100-x) / (100 - 50)) & \text{se } 50 < x \leq 100 \end{array} \right\}$$

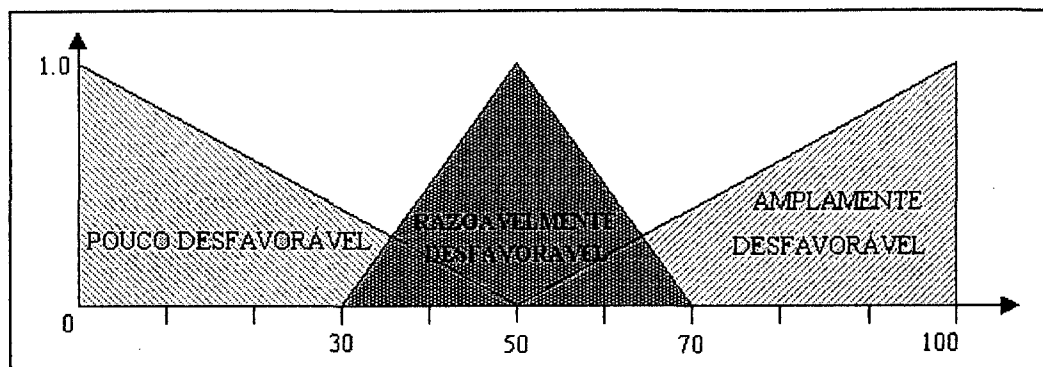


Figura 18. Formato dos subconjuntos para *Motivos*.

Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Circunstâncias

O subconjunto *POUCA RELEVÂNCIA* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo $[0,50]$. O subconjunto *RELEVÂNCIA MODERADA* utiliza uma função trapezoidal de pertinência no intervalo $[30,70]$, com grau constante um no intervalo $[40,60]$. Ao subconjunto *REPROVÁVEL* é atribuído a função linear crescente no intervalo $[50,100]$. A Fig. 19 de monstra o mapa dos subconjuntos.

$$\text{POUCA RELEVÂNCIA} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x > 50 \\ (50 - x) / (50 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 50 \end{array} \right\}$$

$$\begin{array}{l} \text{RELEVÂNCIA} \\ \text{MODERADA} \end{array} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x \leq 30 \\ 1 - (40 - x) / (40 - 30) & \text{se } 30 < x \leq 40 \\ 1 & \text{se } 40 < x \leq 60 \\ (70 - x) / (70 - 60) & \text{se } 60 < x \leq 70 \\ 0 & \text{se } x > 70 \end{array} \right\}$$

$$REPROVÁVEL = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x < 50 \\ 1 - ((100-x) / (100 - 50)) & \text{se } 50 < x \leq 100 \end{array} \right\}$$

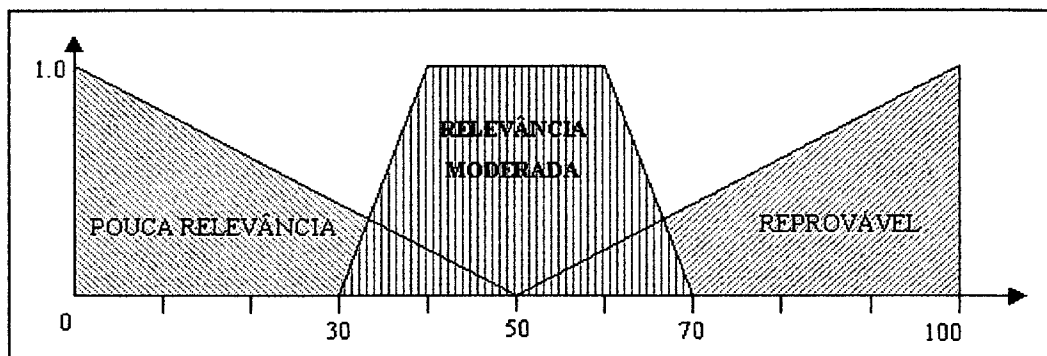


Figura 19. Formato dos subconjuntos para *Circunstâncias*.

Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Consequências

O subconjunto *POUCO DANOSAS* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo $[0,60]$. O subconjunto *RAZOAVELMENTE DANOSAS* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo $[20,80]$. Ao subconjunto *FORTEMEMNTE DANOSAS* é atribuído a função linear crescente no intervalo $[40,100]$. A Fig. 20 de mostra o mapa dos subconjuntos.

$$POUCO \text{ DANOSAS} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x > 60 \\ (60 - x) / (60 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 60 \end{array} \right\}$$

$$\begin{array}{l} RAZOAVELMENTE \\ DANOSAS \end{array} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x \leq 20 \\ 1 - (50 - x) / (50 - 20) & \text{se } 20 < x \leq 50 \\ (80 - x) / (80 - 50) & \text{se } 50 < x \leq 80 \\ 0 & \text{se } x > 80 \end{array} \right\}$$

$$\begin{array}{l} \text{FORTEMENTE} \\ \text{DANOSAS} \end{array} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x < 40 \\ 1 - ((100-x) / (100 - 40)) & \text{se } 40 < x \leq 100 \end{array} \right\}$$

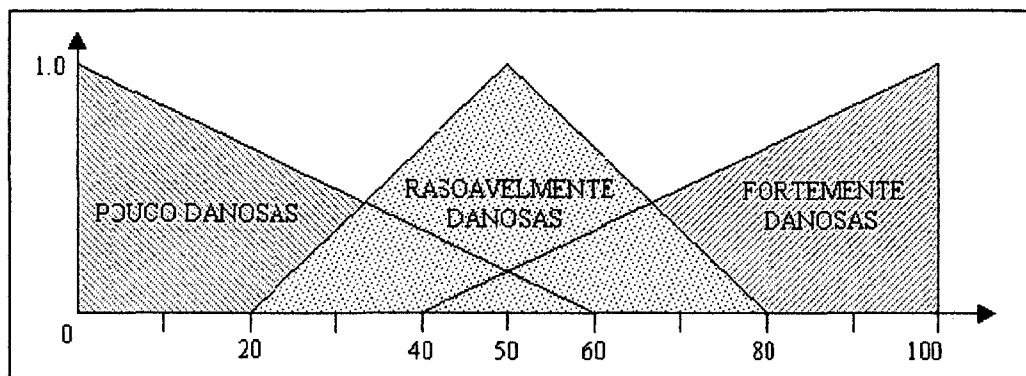


Figura 20. Formato dos subconjuntos para *Consequências*.

Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Comportamento

O subconjunto *POUCA CONTRIBUIÇÃO* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo $[0,50]$. O subconjunto *MÉDIA CONTRIBUIÇÃO* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo $[40,60]$. Ao subconjunto *MUITA CONTRIBUIÇÃO* é atribuído a função linear crescente no intervalo $[50,85]$, com grau constante de valor um incidências maiores que 85. A Fig. 21 de mostra o mapa dos subconjuntos.

$$\text{POUCA CONTRIBUIÇÃO} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x > 50 \\ (50 - x) / (50 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 50 \end{array} \right\}$$

$$MÉDIA CONTRIBUIÇÃO = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x \leq 40 \\ 1 - (50-x) / (50 - 40) & \text{se } 40 < x \leq 50 \\ (60-x) / (60 - 50) & \text{se } 50 < x \leq 60 \\ 0 & \text{se } x > 60 \end{array} \right\}$$

$$MUITA CONTRIBUIÇÃO = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x < 50 \\ 1 - ((85-x) / (85 - 50)) & \text{se } 50 < x \leq 85 \\ 1 & \text{se } x > 85 \end{array} \right\}$$

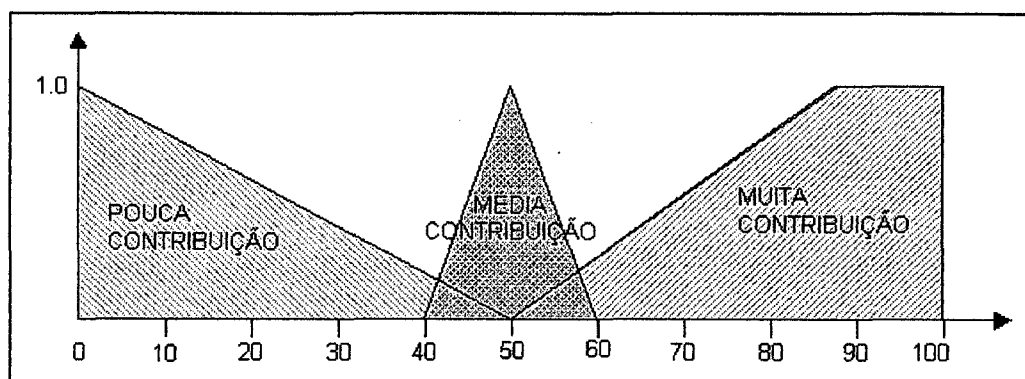


Figura 21. Formato dos subconjuntos para *Comportamento*.

Formato dos subconjuntos para CIRCUNSTÂNCIAS JUDICIAIS

O conjunto CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS representa o processo de defuzzificação, o qual é subdividido em cinco subconjuntos, sendo: POUQUÍSSIMO no intervalo [0,30] com grau de pertinência constante um no intervalo [0,10]. Os subconjuntos POUCO no intervalo [10,50], MÉDIO em [30,70], MUITO em [50,90], e muitíssimo no intervalo [70,100], com grau de pertinência constante em [90,100]. A Fig. 22 mostra o formato dos subconjuntos.

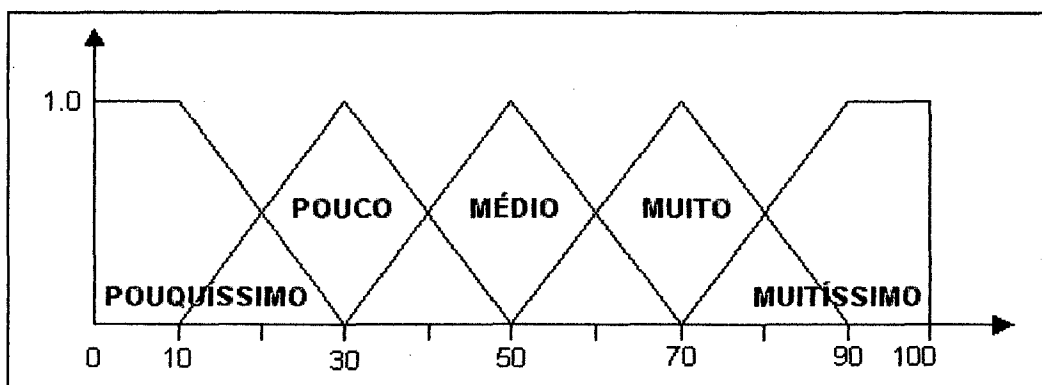


Figura 22. Formato dos subconjuntos para CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS.

3. 2. 2 Regras de controle

As regras possuem um formato de declaração do tipo SE / ENTÃO. O lado SE da regra que pode conter uma ou mais condições, é chamado de antecedente. O lado ENTÃO que contém uma ou mais ações, é chamado de conseqüente (SILVER, 1998a). O lado antecedente é composto pelas circunstâncias judiciais do artigo 59. O antecedente da regra verifica condicionalmente o grau de pertinência dos subconjuntos de “Culpabilidade”, “Antecedentes”, até o último, “Comportamento da vítima”. O lado conseqüente da regra representa o “quantum” de agravação através do subconjunto CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS. As regras podem ser criadas conforme o juízo de equivalência ou prevalência (SILVER, 1998b).

“Quando circunstâncias agravantes concorrem com circunstâncias atenuantes, a primeira consideração a ser efetuada pelo julgador, é no tocante à equivalência ou prevalência entre estas circunstâncias legais. Assim, nada obsta para aplicação da equivalência, que uma agravante seja compensada por uma atenuante, ou que várias agravantes sejam compensadas com uma só atenuante, ou vice-versa, ou, para fins de reconhecimento

da prevalência, que uma atenuante prevaleça sobre várias agravantes dado o critério qualitativo e não quantitativo” (FERRAZ, 1989b).

É possível implementar um conjunto de regras para cada um dos artigos 121 a 359, de forma a intensificar para mais ou menos a equivalência das circunstâncias em diferentes artigos. Mas um mesmo conjunto de regras também pode ser utilizado em diferentes artigos. A seguir são apresentadas algumas regras que podem ser compostas na primeira fase da Dosimetria da Pena.

Regra 1. Se Culpabilidade_é *FRACA* .AND. Antecedentes_é *INSIGNIFICANTE*
Então Circunstâncias_Judiciais é *POUQUÍSSIMO*

Regra 2. Se Culpabilidade_é *ELEVADA* .AND. Conduta_Social_é *RUIM*
Então Circunstâncias_Judiciais é *MUITÍSSIMO*

Regra 3. Se Motivos_é *AMPLAMENTE_DESFAVORÁVEL* .AND.
Personalidade_é *MAU_CHARACTER*
Então Circunstâncias_Judiciais é *MUITÍSSIMO*

Regra 4. Se Motivos_é *RAZOAVELMENTE_DESFAVORÁVEL* .AND.
Personalidade_é *LEVEMENTE_ALTERADA* .AND.
Consequências_é *RAZOAVELMENTE_DANOSAS*
Então Circunstâncias_Judiciais é *MÉDIO*

Regra 5. Se Antecedentes_é *INSIGNIFICANTE*
Então Circunstâncias_Judiciais é *POUQUÍSSIMO*

Regra n. Se Personalidade_é *LEVEMENTE_ALTERADA*
Então Circunstâncias_Judiciais é *POUCO*

A regras possíveis podem chegar a uma quantidade significativamente grande, visto que é possível combinar entre todas as oito circunstâncias os respectivos subconjuntos. Mas um volume grande de regras pode tornar o modelo do sistema contraditório, podendo perturbar os resultados. Uma técnica de seleção das regras mais significativas deve ser adotada, utilizando-se de uma ferramenta de inteligência Computacional (RUSSEL, 1996). Do conjunto de regras existentes, somente algumas podem estar habilitadas, e a estas é aplicado o respectivo grau de pertinência resultante da função de pertinência. Os graus são obtidos pelas funções de pertinência, através dos valores de entrada e aplicados nas regras de controle. Exemplificando, um valor de entrada 25 para o subconjunto *INSIGNIFICANTE* da Circunstância Antecedente resulta em grau 0.6 de pertinência:

$$f(x) = (62.5 - x) / (62.5 - 0) = 0.6$$

Regra 1. Se Culpabilidade_é_BAIXA 0.4 grau .AND.

Antecedentes_é_INSIGNIFICANTE 0.6 grau

Então Circunstâncias_Judiciais é MIN (0.4 , 0.6) *POUQUÍSSIMO*

Regra 3. Se Motivos_é_AMPLAMENTE_DESFAVORÁVEL 0.7 grau .AND.

Personalidade_é_MAU_CHARACTER 0.6 grau

Então Circunstâncias_Judiciais é MIN (0.7 , 0.6) *MUITÍSSIMO*

Na composição das regras, um acompanhamento de um especialista é essencial, para selecionar regras necessárias e desnecessárias, devido ao grande volume de regras em que as combinações das circunstâncias entre si podem gerar. Também é possível administrar a composição das regras através de um método computacional. A seguir é apresentado como as regras podem ser combinadas (SILVER, 1998b). Inicialmente atribui-se apenas um valor verdade para as circunstâncias aplicadas na composição de regras em um nível superior. Posteriormente, cada regra deste nível superior se divide em outras regras de controle, que avaliam os subconjuntos nebulosos das respectivas circunstâncias, como também o subconjunto de defuzzificação.

Combinando apenas uma circunstância.

- Regra Sup_01. Se Culpabilidade _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_02. Se Antecedentes _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_03. Se Conduta_social _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_04. Se Personalidade _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_05. Se Motivos _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_06. Se Circunstâncias _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_07. Se Consequências _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_08. Se Comportamento _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Combinando “Culpabilidade” com outra circunstância.

- Regra Sup_09. Se Culpabilidade _é_ verdade .AND. Antecedentes _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_10. Se Culpabilidade _é_ verdade .AND. Conduta_social _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_11. Se Culpabilidade _é_ verdade .AND. Personalidade _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade
- Regra Sup_12. Se Culpabilidade _é_ verdade .AND. Motivos _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

- Regra Sup_13. Se Culpabilidade_é_verdade .AND. Circunstâncias_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade
- Regra Sup_14. Se Culpabilidade_é_verdade .AND. Consequências_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade
- Regra Sup_15. Se Culpabilidade_é_verdade .AND. Comportamento_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade

Combinando “Antecedentes” com outra circunstância.

- Regra Sup_16. Se Antecedentes_é_verdade .AND. Conduta_social_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade
- Regra Sup_17. Se Antecedentes_é_verdade .AND. Personalidade_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade
- Regra Sup_18. Se Antecedentes_é_verdade .AND. Motivos_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade
- Regra Sup_19. Se Antecedentes_é_verdade .AND. Circunstâncias_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade
- Regra Sup_20. Se Antecedentes_é_verdade .AND. Consequências_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade
- Regra Sup_21. Se Antecedentes_é_verdade .AND. Comportamento_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade

Combinando “Conduta_social” com outra circunstância.

- Regra Sup_22. Se Conduta_social_é_verdade .AND. Personalidade_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade
- Regra Sup_23. Se Conduta_social_é_verdade .AND. Motivos_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade
- Regra Sup_24. Se Conduta_social_é_verdade .AND. Circunstâncias_é_verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_verdade

Regra Sup_25. Se Conduta_social _é_ verdade .AND. Consequências _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Regra Sup_26. Se Conduta_social _é_ verdade .AND. Comportamento _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Combinando “Personalidade” com outra circunstância.

Regra Sup_27. Se Personalidade _é_ verdade .AND. Motivos _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Regra Sup_28. Se Personalidade _é_ verdade .AND. Circunstâncias _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Regra Sup_29. Se Personalidade _é_ verdade .AND. Consequências _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Regra Sup_30. Se Personalidade _é_ verdade .AND. Comportamento _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Combinando “Motivos” com outra circunstância.

Regra Sup_31. Se Motivos _é_ verdade .AND. Circunstâncias _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Regra Sup_32. Se Motivos _é_ verdade .AND. Consequências _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Regra Sup_33. Se Motivos _é_ verdade .AND. Comportamento _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Combinando “Circunstâncias” com outra circunstância.

Regra Sup_34. Se Circunstâncias _é_ verdade .AND. Consequências _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Regra Sup_35. Se Circunstâncias _é_ verdade .AND. Comportamento _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Combinando “Consequências” com outra circunstância.

Regra Sup_36. Se Circunstâncias _é_ verdade .AND. Comportamento _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Desta forma pode-se observar que a quantidade de combinações pode ser elevada, levando a um grande número de regras. Como é possível um magistrado aplicar apenas uma circunstância, ou até todas, o número de combinações matematicamente possíveis é uma combinação de oito elementos sem repetição. A seguir se visualiza algumas combinações, visto que apresentar todas se torna dispendioso.

Combinando “Culpabilidade” e “Antecedentes” com outra circunstância.

Regra Sup_37. Se Culpabilidade _é_ verdade .AND. Antecedentes _é_ verdade
.AND. Conduta_social _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Regra Sup_38. Se Culpabilidade _é_ verdade .AND. Antecedentes _é_ verdade
.AND. Personalidade _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Combinando “Culpabilidade” e “Antecedentes” e “Conduta social” com outra circunstância.

Regra Sup_39. Se Culpabilidade _é_ verdade .AND. Antecedentes _é_ verdade
 .AND. Conduta_social _é_ verdade .AND.
 Personalidade _é_ verdade
 Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Regra Sup_40. Se Culpabilidade _é_ verdade .AND. Antecedentes _é_ verdade
 .AND. Conduta_social _é_ verdade .AND. Motivos _é_ verdade
 Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

E assim sucessivamente, até chegar na última combinação possível, onde todas as circunstâncias são aplicadas.

Regra Sup_”n”. Se Culpabilidade _é_ verdade .AND.
 Antecedentes _é_ verdade .AND.
 Conduta_social _é_ verdade .AND.
 Personalidade _é_ verdade .AND.
 Motivos _é_ verdade .AND.
 Circunstâncias _é_ verdade .AND.
 Consequências _é_ verdade .AND.
 Comportamento _é_ verdade
 Então Circunstâncias_Judiciais _é_ verdade

Como mencionado anteriormente, cada regra de nível superior deriva para os subconjuntos pertencentes ao conjunto da respectiva circunstância. Inclusive o conjunto de defuzzificação (SILVER, 1998f) também deriva para seus subconjuntos. As regras derivadas são as regras finais possíveis, sendo que destas deverão ser selecionadas as de maior influência, para se obter um grupo de regras não muito elevado, para se evitar

contradições ou perturbações entre as próprias regras. Para exemplificar, a regra 01 mostrada anteriormente, de nível superior que avalia simplesmente a circunstância “Culpabilidade”, deriva-se nos possíveis subconjuntos, conforme apresentado a seguir.

Regra Sup_01. Se Culpabilidade _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_ verdade

Derivando esta regra para os três subconjuntos existentes, tem-se:

Regra Der_01. Se Culpabilidade _é_ FRACA
Então Circunstâncias_Judiciais_é_ POUQUÍSSIMO

Regra Der_02. Se Culpabilidade _é_ PARCIAL
Então Circunstâncias_Judiciais_é_ MÉDIO

Regra Der_03. Se Culpabilidade _é_ ELEVADA
Então Circunstâncias_Judiciais_é_ MUITO

Exemplificando, a regra superior 33 vista anteriormente com suas derivações possíveis para seus respectivos subconjuntos nebulosos, tem-se.

Regra Sup_33. Se Motivos _é_ verdade .AND. Comportamento _é_ verdade
Então Circunstâncias_Judiciais_é_ verdade

Derivando:

Regra Der_03. Se Motivos _é_ POUCO_DESFAVORÁVEL .AND.
Comportamento_tem_POUCA_CONTRIBUIÇÃO
Então Circunstâncias_Judiciais_é_ POQUÍSSIMO

- Regra Der_04. Se Motivos _é_POUCO_DESFAVORÁVEL .AND.
Comportamento_tem_MÉDIA_CONTRIBUIÇÃO
Então Circunstâncias_Judiciais_é_POUCO
- Regra Der_05. Se Motivos _é_POUCO_DESFAVORÁVEL .AND.
Comportamento_tem_MUITA_CONTRIBUIÇÃO
Então Circunstâncias_Judiciais_é_MÉDIO
- Regra Der_06. Se Motivos _é_RAZOAVELMENTE_DESFAVORÁVEL
.AND. Comportamento_tem_POUCA_CONTRIBUIÇÃO
Então Circunstâncias_Judiciais_é_POUCO
- Regra Der_07. Se Motivos _é_RAZOAVELMENTE_DESFAVORÁVEL
.AND. Comportamento_tem_MÉDIA_CONTRIBUIÇÃO
Então Circunstâncias_Judiciais_é_MÉDIO
- Regra Der_08. Se Motivos _é_RAZOAVELMENTE_DESFAVORÁVEL
.AND. Comportamento_tem_MUITA_CONTRIBUIÇÃO
Então Circunstâncias_Judiciais_é_MUITO
- Regra Der_09. Se Motivos _é_AMPLAMENTE_DESFAVORÁVEL .AND.
Comportamento_tem_POUCA_CONTRIBUIÇÃO
Então Circunstâncias_Judiciais_é_MÉDIO
- Regra Der_10. Se Motivos _é_AMPLAMENTE_DESFAVORÁVEL .AND.
Comportamento_tem_MÉDIA_CONTRIBUIÇÃO
Então Circunstâncias_Judiciais_é_MUITO

Regra Der_11. Se Motivos_é_AMPLAMENTE_DESFAVORÁVEL AND.
 Comportamento_tem_MUITA_CONTRIBUIÇÃO
 Então Circunstâncias_Judiciais_é_MUITÍSSIMO

E assim sucessivamente, derivando até a última regra superior “n”, a mais abrangente de todas, que envolve todas circunstâncias em uma só regra. Para facilidade do processamento das regras do modelo Fuzzy apresentado, pode ser conveniente que uma regra derivada mais abrangente elimine uma regra habilitada anteriormente menos abrangente. Ou seja, regras com três circunstâncias com estado verdade, eliminam regras com dois ou apenas um estado verdade.

3. 2. 3 Defuzzificação

Os subconjuntos das circunstâncias judiciais necessitam ser convertidos para um valor exato crisp. Este valor será encontrado pelo processo de defuzzificação (SILVER, 1998f), (VIOT, 1993), utilizando o método do centro de gravidade. Basicamente a defuzzificação consiste em determinar no eixo x o ponto central do subconjunto do lado consequente da regra. Em seguida fazer um corte no ponto central na altura equivalente ao grau de pertinência encontrado pelas regras e determinar a área abaixo deste corte, encontrando assim o ponto de equilíbrio das áreas envolvidas.

Observa-se que pode acontecer que mais de uma das regras habilitadas resultam no mesmo subconjunto CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS do lado consequente da regra. Nesta situação, aplica-se a função de Mandani (SOUZA, 1999b) $\mu_{C1}(w) = \text{Min} [\mu_1, \mu_{C1}(w)]$ onde os subconjuntos são somados logicamente $\mu_C(w) = \text{Max} [\mu_{C1}(w), \mu_{C2}(w), \mu_{C3}(w)]$. A Fig. 23 mostra este processo, partindo-se do princípio que duas regras foram habilitadas, com respectivamente 0.4 grau de pertinência para o subconjunto POUQUÍSSIMO e 0.6 grau para o subconjunto MUITÍSSIMO.

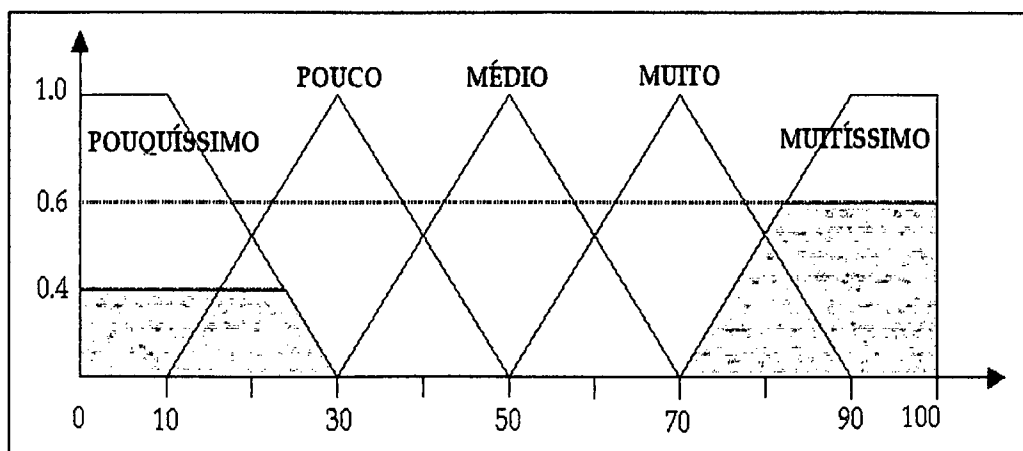


Figura 23. Defuzzificação de CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS.

Aplicando o método do Centro de Gravidade para os subconjuntos resultantes das regras habilitadas tem-se:

$$\text{POUQUÍSSIMO} = 0.4 (30 + 25) / 2 = 11.0$$

$$\text{MUITÍSSIMO} = 0.6 (40 + 27) / 2 = 20.1$$

Centro de gravidade de CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS:

$$11.0 (15) + 20.1 (85) / 11.0 + 20.1 = \underline{\underline{60.24}}$$

O valor crisp **60.24** encontrado pelo processo de defuzzificação (SILVER, 1998f) é o valor exato procurado. Este valor é aplicado no intervalo de pena especificado pelo artigo de enquadramento do Réu. Para um determinado crime, cuja pena seja especificada seja de um limite de dois a oito anos, o intervalo de seis anos, convertido para dias representa 2.190 dias. Multiplicando pelo valor crisp 60.24 % encontra-se 1.319 dias. Subtraindo o início do limite que é de dois anos, que representa 730 dias, tem-se 1.319 menos 730 , totalizando 589 dias, que representa a pena procurada pelo magistrado de 1 ano, 7 meses e 14 dias. Esta quantidade de pena, chamada de Pena base, deve ainda ser somada com a quantidade à ser encontrada na segunda fase da Dosimetria da Pena, também utilizando Fuzzy Logic, para se obter a pena final.

CAPÍTULO 4

4.1 A Segunda Fase

A segunda fase da Dosimetria da Pena refere-se às Circunstâncias Legais Agravantes e Atenuantes, prescritas nos arts. 61, 62, 65 e 66 do Código Penal Brasileiro (OLIVEIRA, 1992). As circunstâncias Agravantes quando aplicadas por um magistrado aumentam a pena. As Atenuantes quando aplicadas diminuem da mesma forma a quantidade de pena. Da mesma forma que na primeira fase, para estas circunstâncias o Código Penal não define a quantidade de pena referente as mesmas, de forma a colocar o magistrado novamente em uma certa situação de incerteza, e prejuízo ao réu. Dois modelos distintos fuzzy são desenvolvidos nesta fase, sendo uma para as Agravantes e outro para as Atenuantes. O modelo de defuzzificação (SILVER, 1998f) para Agravação encontra um valor exato Crisp para aumentar a pena. De forma similar, a defuzzificação para Atenuação encontra também outro valor exato Crisp, mas para diminuição de pena. A compensação destes valores resulta na quantidade ou “quantum” de pena referente a esta fase.

Apenas dois distintos formatos de conjuntos são utilizados, sendo um único para todas as dezesseis Circunstâncias Agravantes, e outro único para as oito Circunstâncias Atenuantes. Esta tendência deve-se a mostrar que é possível ter apenas um formato de conjunto para várias circunstâncias. Isto trás a vantagem da facilidade de parametrização de apenas um conjunto, e a desvantagem de danificar uma parametrização já ajustada, tendo que fazer a compensação através das regras de controle. A utilização de apenas um formato de conjunto ou um para cada circunstância depende do grau de facilidade ou dificuldade na parametrização dos mesmos. Caso haja muita dificuldade, o ideal é que se tenha mais de um formato de conjunto. Esta fase é composta de somente dois conjuntos para apresentar outra forma de modelagem fuzzy.

Uma coleção de regras é composta para o processo de Agravação e outra coleção para o processo de Atenuação. O mesmo princípio de seleção de regras utilizado anteriormente também é aplicada nesta fase, devido ao grande volume que proporcionam.

A quantidade de pena encontrada aqui deve ser somada ou diminuída com a quantidade encontrada na primeira fase, para assim então encontrar a quantidade de pena final.

4. 2 *Circunstâncias Legais Agravantes*

As Circunstâncias Legais Agravantes estão prescritas nos arts. 61 e 62 do Código Penal Brasileiro (OLIVEIRA, 1992). De forma idêntica às anteriores, também o Código não define uma quantidade para as mesmas, de forma a colocar um magistrado a frente de um grau de incerteza. Na sequência em que surgem, sem preferência de intensidade, as circunstâncias são as seguintes:

1. A reincidência.
2. Por motivo fútil ou torpe.
3. Para facilitar ou assegurar a execução, a ocultação, a impunidade ou vantagem de outro crime.
4. À traição, de emboscada, ou mediante dissimulação, ou outro recurso que dificultou ou tornou impossível a defesa do ofendido.
5. Com emprego de veneno, fogo, explosivo, tortura ou outro meio insidioso ou cruel, ou de que podia resultar perigo comum.
6. Contra ascendente, descendente, irmão ou cônjuge.
7. Com abuso de autoridade ou prevalecendo-se de relações domésticas, de coabitação ou de hospitalidade.
8. Com abuso de poder ou violação de dever inerente a cargo, ofício, ministério ou profissão.
9. Contra criança, velho ou enfermo.

10. Quando o ofendido estava sob a imediata proteção da autoridade.
11. Em ocasião de incêndio, naufrágio, inundação ou qualquer calamidade pública, ou de desgraça particular do ofendido.
12. Em estado de embriaguez préordenada.
13. Promove, ou organiza a cooperação no crime ou dirige a atividade dos demais agentes.
14. Coage ou induz à execução material do crime.
15. Instiga ou determina a cometer o crime alguém sujeito à sua autoridade ou não punível em virtude de condição ou qualidade pessoal.
16. Executa o crime, ou nele participa, mediante paga ou promessa de recompensa.

4. 2. 1 *Conjunto nebuloso*

Todas as circunstâncias agravantes utilizam o mesmo formato de conjunto nebuloso fuzzy. Através de um processo similar à primeira fase, apenas três subconjuntos são utilizados para as dezesseis circunstâncias agravantes. As circunstâncias recebem um valor na escala $[0,100]$ de forma a refletir a intensidade no crime cometido pelo agente. Apesar deste valor representar o conceito de vários magistrados, o mesmo pode ser alterado como melhor se desejar. Portanto caso seja utilizado o valor padrão previamente estabelecido, apenas a circunstância que será aplicada necessita ser selecionada. Três subconjuntos são criados para representar o conjunto AGRAVAÇÃO, sendo: O subconjunto *LEVE* é representado pela função linear decrescente; o subconjunto *MODERADA* é representado por função triangular e o subconjunto *FORTE* representado por função linear crescente. A escolha de funções linear e triangular está na razão de ambas serem uma boa escolha na aproximação de conceitos não bem precisos. A desvantagem de se utilizar os mesmos subconjuntos está na perda de flexibilidade para ajustes diferenciados para as circunstâncias. A vantagem está na simplicidade e facilidade de se ter apenas poucos subconjuntos para ser ajustados para todo o sistema. A utilização de apenas um ou mais conjuntos para representar as circunstâncias, depende de uma análise dos resultados

encontrados. Além da escolha do número de conjuntos, a quantidade de subconjuntos em cada conjunto também pode variar, assim como a função escolhida para representar o subconjunto, ou seja, triangular, crescente ou decrescente ou trapezoidal. A modelagem do formato dos conjuntos também pode influenciar nas regras de controle e consequentemente no resultado final. A seguir é mostrado o formato simples e básico de apenas um conjunto, para representar, devido a grande quantidade, todas as circunstâncias agravantes. Ver Fig. 24.

$$LEVE = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x > 50 \\ (50 - x) / (50 - 0) & \text{se } 0 \leq x \leq 50 \end{array} \right\}$$

$$MODERADA = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x \leq 20 \\ 1 - (50 - x) / (50 - 20) & \text{se } 20 < x \leq 50 \\ (80 - x) / (80 - 50) & \text{se } 50 < x \leq 80 \\ 0 & \text{se } x > 80 \end{array} \right\}$$

$$FORTE = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x < 50 \\ 1 - ((100 - x) / (100 - 50)) & \text{se } 50 \leq x \leq 100 \end{array} \right\}$$

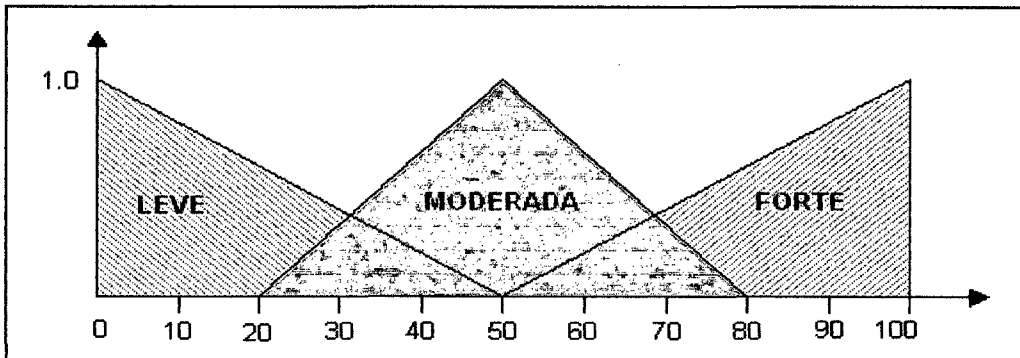


Figura 24. Subconjuntos nebulosos para Agravação.

4. 2. 2 Regras de controle

Na implementação das regras, as circunstâncias agravantes são numeradas de 1 a 16. Esta numeração equivale a ordem seqüencial em que estão inseridas nos artigos. Para exemplificar, a circunstância agravante “a reincidência” do art. 61 recebe numeração um, “por motivo fútil ou torpe” recebe numeração dois, “em estado de embriaguez préordenada” recebe numeração três e assim sucessivamente. As regras devem ser definidas por um especialista com fortes conhecimentos na área do Direito Penal. Esta exigência se faz necessário para que as regras representem o melhor possível a realidade. Da mesma forma que na primeira fase, os valores de entrada das circunstâncias são aplicados nas funções de pertinência para se obter o grau de pertinência que são aplicados nas regras habilitadas.

As regras possuem um formato de declaração do tipo SE / ENTÃO. O lado SE da regra que pode conter uma ou mais condições, é chamado de antecedente. O lado ENTÃO que contém uma ou mais ação, é chamado de conseqüente (SILVER, 1998a). O lado antecedente é composto pelas Circunstâncias Legais Agravantes. O antecedente da regra verifica condicionalmente o grau de pertinência dos subconjuntos. O lado conseqüente da regra representa o “quantum” para agravar através do conjunto *AGRAVAÇÃO*.

A seguir é apresentado como as regras podem ser combinadas. Inicialmente atribui-se apenas um valor verdade para as circunstâncias aplicadas na composição de regras em um nível superior. Posteriormente, cada regra deste nível superior se divide em outras regras de controle, que avaliam os subconjuntos nebulosos das respectivas circunstâncias, como também o subconjunto de defuzzificação (SILVER, 1998e), (SILVER, 1998f).

Combinando apenas uma Circunstância Legal Agravante.

Regra Sup_01. Se Circunstância_1_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

Regra Sup_02. Se Circunstância_2_é_verdade

- Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_03. Se Circunstância_3_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_04. Se Circunstância_4_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_05. Se Circunstância_5_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_06. Se Circunstância_6_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_07. Se Circunstância_7_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_08. Se Circunstância_8_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_09. Se Circunstância_9_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_10. Se Circunstância_10_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_11. Se Circunstância_11_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_12. Se Circunstância_12_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_13. Se Circunstância_13_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_14. Se Circunstância_14_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_15. Se Circunstância_15_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_16. Se Circunstância_16_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

Combinando a Circunstância Legal Agravante 01 com outra circunstância.

Regra Sup_17. Se Circunstância_1_é_verdade .AND. Circunstância_2_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

Regra Sup_18. Se Circunstância_1_é_verdade .AND. Circunstância_3_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

E assim sucessivamente até a Circunstância 16.

Combinando a Circunstância Legal Agravante 01 e 02 com outra circunstância.

Regra Sup_19. Se Circunstância_1_é_verdade .AND.
Circunstância_2_é_verdade . AND.
Circunstância_3_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

Regra Sup_20. Se Circunstância_1_é_verdade .AND.
Circunstância_2_é_verdade . AND.
Circunstância_4_é_verdade
Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

E assim sucessivamente, até chegar na última combinação possível, onde todas as dezesseis circunstâncias são aplicadas, até formar a maior regra, onde todas as circunstâncias estão aplicadas.

Regra Sup_”n”. Se Circunstância_01_é_verdade .AND.
Circunstância_02_é_verdade .AND.
Circunstância_03_é_verdade .AND.
Circunstância_04_é_verdade .AND.
Circunstância_05_é_verdade .AND.
Circunstância_06_é_verdade .AND.

Circunstância_07_é_verdade .AND.
 Circunstância_08_é_verdade .AND.
 Circunstância_09_é_verdade .AND.
 Circunstância_10_é_verdade .AND.
 Circunstância_11_é_verdade .AND.
 Circunstância_12_é_verdade .AND.
 Circunstância_13_é_verdade .AND.
 Circunstância_14_é_verdade .AND.
 Circunstância_15_é_verdade .AND.
 Circunstância_16_é_verdade
 Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

De forma idêntica à fase anterior, cada regra de nível superior deriva para os subconjuntos pertencentes ao conjunto da respectiva circunstância. Inclusive o conjunto de defuzzificação (SILVER, 1998f) também deriva para seus subconjuntos. As regras derivadas são as regras finais possíveis, sendo que destas deverão ser selecionadas as de maior influência, para se obter um grupo de regras não muito elevado, para se evitar contradições ou perturbações entre as próprias regras. Para exemplificar, a regra 01 mostrada anteriormente, de nível superior que avalia simplesmente a circunstância “A reincidência”, deriva-se nos possíveis subconjuntos, conforme especificado a seguir.

Regra Sup_01. Se Circunstância_1_é_verdade
 Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

Derivando para as regras finais, tem-se:

Regra Der_01. Se Circunstância_1_é_leve
 Então AGRAVAÇÃO_é_suavíssima

Regra Der_02. Se Circunstância_1_é_moderada

Então AGRAVAÇÃO_é_suave

Regra Der_03. Se Circunstância_1_é_forte

Então AGRAVAÇÃO_é_moderada

A regra superior 17 apresentada acima com suas derivações possíveis para seus respectivos subconjuntos nebulosos.

Regra Sup_17. Se Circunstância_1_é_verdade .AND. Circunstância_2_é_verdade

Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

Derivando:

Regra Der_04. Se Circunstância_1_é_leve .AND. Circunstância_2_é_leve

Então AGRAVAÇÃO_é_suavíssima

Regra Der_05. Se Circunstância_1_é_leve .AND. Circunstância_2_é_moderada

Então AGRAVAÇÃO_é_moderada

Regra Der_06. Se Circunstância_1_é_leve .AND. Circunstância_2_é_forte

Então AGRAVAÇÃO_é_forte

Regra Der_07. Se Circunstância_1_é_moderada .AND. Circunstância_2_é_leve

Então AGRAVAÇÃO_é_moderada

Regra Der_08. Se Circunstância_1_é_moderada .AND.

Circunstância_2_é_moderada

Então AGRAVAÇÃO_é_moderada

Regra Der_09. Se Circunstância_1_é_moderada .AND. Circunstância_2_é_forte

Então AGRAVAÇÃO_é_forte

Regra Der_10. Se Circunstância_1_é_forte .AND. Circunstância_2_é_leve

Então AGRAVAÇÃO_é_forte

Regra Der_11. Se Circunstância_1_é_forte .AND. Circunstância_2_é_moderada

Então AGRAVAÇÃO_é_forte

Regra Der_12. Se Circunstância_1_é_forte .AND. Circunstância_2_é_forte

Então AGRAVAÇÃO_é_fortíssima

E assim sucessivamente, derivando até a última regra superior “n”, a mais abrangente de todas, que envolve todas circunstâncias em uma só regra. Para facilidade de processamento, uma regra envolvendo mais circunstâncias pode eliminar outra envolvendo menos.

Regra Sup_”n”. Se Circunstância_01_é_verdade .AND.
 Circunstância_02_é_verdade .AND.
 Circunstância_03_é_verdade .AND.
 Circunstância_04_é_verdade .AND.
 Circunstância_05_é_verdade .AND.
 Circunstância_06_é_verdade .AND.
 Circunstância_07_é_verdade .AND.
 Circunstância_08_é_verdade .AND.
 Circunstância_09_é_verdade .AND.
 Circunstância_10_é_verdade .AND.
 Circunstância_11_é_verdade .AND.
 Circunstância_12_é_verdade .AND.
 Circunstância_13_é_verdade .AND.
 Circunstância_14_é_verdade .AND.
 Circunstância_15_é_verdade .AND.
 Circunstância_16_é_verdade .AND.

Então AGRAVAÇÃO_é_verdade

Derivando:

Regra Der_”n”. Se Circunstância_01_é_forte .AND. Circunstância_02_é_forte .AND.
 Circunstância_03_é_forte .AND. Circunstância_04_é_forte .AND.
 Circunstância_05_é_forte .AND. Circunstância_06_é_forte .AND.
 Circunstância_07_é_forte .AND. Circunstância_08_é_forte .AND.

Circunstância_09_é_forte.AND. Circunstância_10_é_forte .AND.
 Circunstância_11_é_leve .AND. Circunstância_12_é_forte .AND.
 Circunstância_13_é_forte.AND. Circunstância_14_é_forte .AND.
 Circunstância_15_é_forte .AND. Circunstância_16_é_forte .AND.
 Então AGRAVAÇÃO_é_fortíssima

Como se pode observar, a regra derivada “n” é a última possível onde todos os subconjuntos nebulosos são FORTE. Neste caso o subconjunto fortíssima de AGRAVAÇÃO deve passar por uma modificação em sua intensidade, para ser diferenciado de quando ativado por uma regra onde apenas duas ou três circunstâncias sejam aplicadas. Este modificador pode ser representado pela colocação de Hedges.

4. 2. 3 Defuzzificação

Os subconjuntos de AGRAVAÇÃO necessitam ser convertidos para um valor exato crisp. Este valor será encontrado pelo processo de defuzzificação utilizando o método do centro de gravidade (SILVER, 1998f), (VIOT, 1993). Basicamente a defuzzificação consiste em determinar no eixo x o ponto central do subconjunto do lado consequente da regra. Em seguida fazer um corte no ponto central na altura equivalente ao grau de pertinência encontrado pelas regras e determinar a área abaixo deste corte, encontrando assim o ponto de equilíbrio das áreas envolvidas. Todas as regras de controle habilitadas no processo anterior contribuem para a defuzzificação. Caso mais de uma regra ative o mesmo subconjunto de defuzzificação, o Máximo dos graus de pertinência envolvidos é utilizado, ou seja: $MAX (MIN (\mu_1) , MIN (\mu_2))$.

Para exemplificar, suponha-se que um magistrado tenha aplicado a circunstância número um e número quatro, com valores de entrada 60 e 70 respectivamente, tem-se:

A circunstância 01 com valor de entrada $x = 60$, ativa o subconjunto MODERADA e FORTE, com suas respectivas funções de pertinência.

$$MODERADA(x) = (80-x)/(80-50) = (80-60)/30 = 0.67$$

$$FORTE(x) = 1 - ((100-x)/(100-50)) = 1 - ((100-60)/50) = 0.2$$

A Circunstância 04 com valor de entrada $x = 70$, ativa o subconjunto MODERADA e FORTE, com suas respectivas funções de pertinência.

$$MODERADA(x) = (80-x)/(80-50) = (80-70)/30 = 0.34$$

$$FORTE(x) = 1 - ((100-x)/(100-50)) = 1 - ((100-70)/50) = 0.4$$

Considerando que duas regras derivadas sejam ativadas, se transporta os respectivos graus de pertinência para as mesmas, sendo representadas como segue:

Regra Der_08. Se Circunstância_1_é_moderada com grau **0.67** .AND.
Circunstância_4_é_moderada com grau **0.34**
Então AGRAVAÇÃO_é_moderada $\text{MIN}(0.67, 0.34) =$
0.34

Regra Der_28. Se Circunstância_1_é_forte com grau **0.2** .AND.
Circunstância_4_é_forte com grau **0.4**
Então AGRAVAÇÃO_é_forte $\text{MIN}(0.2, 0.4) =$
0.20

Exemplificando, a Fig. 25 mostra o processo de defuzzificação (SILVER, 1998f) utilizado para AGRAVAÇÃO com 0.34 grau de pertinência para o subconjunto MODERADA e 0.2 grau para o subconjunto FORTE.

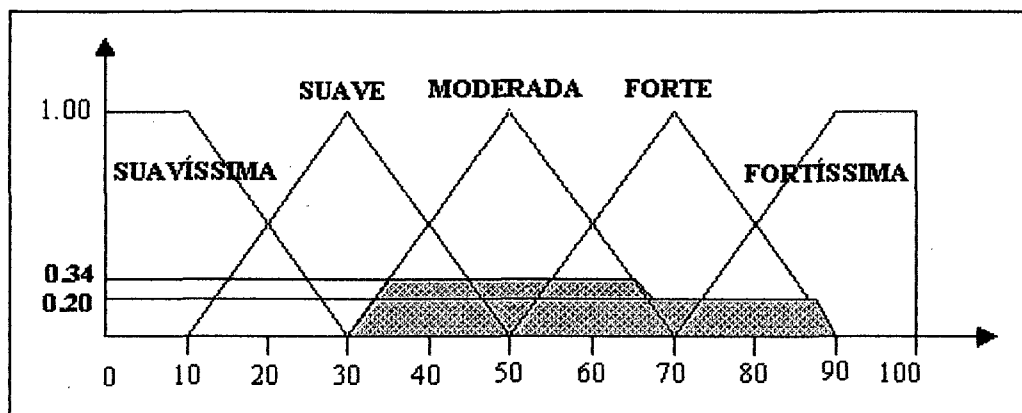


Figura 25. Defuzzificação para Agravação.

O método do Centro de Gravidade aplicado para os subconjuntos MODERADA e FORTE, os quais ativados pelas regras de controle, encontra o seguinte valor exato crisp:

$$\text{MODERADA} = 0.34 (40 + 30) / 2 = 11.9$$

$$\text{FORTE} = 0.20 (40 + 35) / 2 = 7.5$$

$$\text{AGRAVAÇÃO} = 11.9 (50) + 7.5 (70) / 11.9 + 7.5 =$$

57.73

O valor exato **57.73** encontrado pelo processo de defuzzificação para AGRAVAÇÃO será compensado com o valor exato a ser encontrado pelo processo de defuzzificação para ATENUAÇÃO, para se obter o valor exato final.

CAPÍTULO 5

5. 1 *Circunstâncias Legais Atenuantes*

As Circunstâncias Legais Atenuantes estão prescritas nos arts. 65 e 66 do Código Penal Brasileiro (OLIVEIRA, 1992). Como anteriormente, o Código não define uma quantidade de pena referente a aplicação das mesmas, de forma a colocar um magistrado a frente de um grau de incerteza. Na sequência em que surgem, sem preferência de intensidade. Estas circunstâncias merecem uma especial atenção, por poderem compensar uma circunstância judicial agravante do art. 59 ou uma circunstância legal agravante dos arts. 61, 62. Na sequência em que estão prescritas no Código, em um total de oito, são as seguintes (OLIVEIRA, 1992):

1. Ser o agente menor de 21 (vinte e um), na data do fato, ou maior de 70 (setenta) anos, na data da sentença.
2. O desconhecimento da lei.
3. Cometido o crime por motivo de relevante valor social ou moral..
4. Procurado, por sua espontânea vontade e com eficiência, logo após o crime, evitar-lhe ou minorar-lhe as consequências, ou ter, antes do julgamento, reparado o dano.
5. Cometido o crime sob coação a que podia resistir, ou em cumprimento de ordem de autoridade superior, ou sob influência de violenta emoção, provocada por ato injusto da vítima.
6. Confessado espontaneamente, perante a autoridade, a autoria do crime.

7. Cometido o crime sob a influência de multidão em tumulto, se não o provocou.
8. A pena poderá ser ainda atenuada em razão de circunstância relevante, anterior ou posterior ao crime, embora não prevista expressamente em lei.

5. 1. 1 *Conjunto nebuloso*

Para todas as Circunstâncias Legais Atenuantes, um mesmo o formato de conjunto nebuloso fuzzy é utilizado. Através de um processo similar ao conjunto nebuloso das Agravantes, apenas três subconjuntos são utilizados para as oito circunstâncias. As circunstâncias recebem um valor na escala $[0,100]$ de forma a refletir a intensidade de atenuação do crime cometido pelo agente. Apesar deste valor representar o conceito de vários magistrados, o mesmo pode ser alterado como melhor se desejar. Portanto caso seja utilizado o valor padrão previamente estabelecido, apenas a circunstância que será aplicada necessita ser selecionada. Três subconjuntos são criados para representar o conjunto ATENUAÇÃO, sendo: o subconjunto *BRANDA* é representado pela função linear decrescente; o subconjunto *RAZOÁVEL* é representado por função trapezoidal e o subconjunto *COMPENSATÓRIA* representado por função linear crescente. A escolha da função trapezoidal está na razão de intensificar o subconjunto *RAZOÁVEL* em um valor constante de grau de pertinência máximo, para com isto fortalecer o conceito de atenuação. A desvantagem de se utilizar os mesmos subconjuntos está na perda de flexibilidade para ajustes diferenciados para as circunstâncias. A vantagem está na simplicidade e facilidade de se ter apenas poucos subconjuntos para ser ajustados para todo o sistema. A utilização de apenas um ou mais conjuntos para representar as circunstâncias, depende de uma análise dos resultados encontrados. Além da escolha do número de conjuntos, a quantidade de subconjuntos em cada conjunto também pode variar, assim como a função escolhida para representar o subconjunto, ou seja, triangular, crescente ou decrescente ou trapezoidal. A modelagem do formato dos conjuntos também pode influenciar nas regras de controle e consequentemente no resultado final. É possível utilizar o mesmo formato de conjunto

nebuloso das Circunstâncias Agravantes. A vantagem está em ganhar facilidade de parametrização. A desvantagem está em distinguir um ajuste de um parâmetro de outro. Pelo conceito de aplicação de equivalência de circunstâncias, ou seja, uma ou mais Agravantes podem ser compensadas por uma Atenuante ou vice-versa, é recomendável que para Atenuantes haja um conjunto nebuloso separado ou talvez, conforme os resultados obtidos, até mais de um conjunto. Pode-se também, por exemplo, definir um formato para as duas primeiras circunstâncias, um formato para a terceira e outro para as demais. As funções de pertinência e formato dos subconjuntos utilizados são visualizados a seguir. Ver Fig. 26.

$$\begin{aligned}
 \text{BRANDA} &= \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x > 40 \\ (40 - x) / (40 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 40 \end{array} \right\} \\
 \text{RAZOÁVEL} &= \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x \leq 20 \\ 1 - (40 - x) / (40 - 20) & \text{se } 20 < x \leq 40 \\ 1 & \text{se } 40 < x \leq 60 \\ (80 - x) / (80 - 60) & \text{se } 60 < x \leq 80 \\ 0 & \text{se } x > 80 \end{array} \right\} \\
 \text{COMPENSATÓRIA} &= \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{se } x < 60 \\ 1 - ((100 - x) / (100 - 60)) & \text{se } 60 < x \leq 100 \end{array} \right\}
 \end{aligned}$$

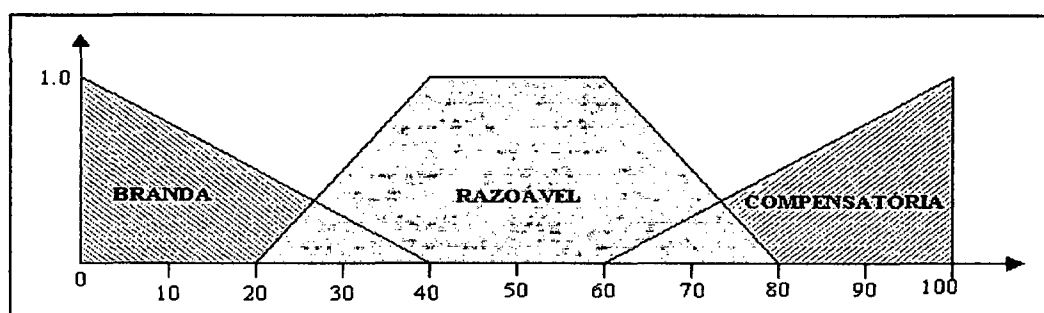


Figura 26. Subconjuntos nebulosos para Atenuação.

5. 1. 2 Regras de controle

Na implementação das regras, as Circunstâncias Atenuantes são numeradas de 1 a 08. Esta numeração equivale a ordem seqüencial em que estão inseridas nos artigos. Para exemplificar, a Circunstância Atenuante “Ser o agente menor de 21 (vinte e um), na data do fato...” do art. 65 recebe numeração um, “O desconhecimento da lei” recebe numeração dois, “Cometido o crime por motivo de relevante valor social ou moral” recebe numeração três e assim sucessivamente. As regras devem ser definidas por um especialista com fortes conhecimentos na área do Direito Penal. Esta exigência se faz necessário para que as regras representem o melhor possível a realidade. Da mesma forma que na primeira fase, os valores de entrada das circunstâncias são aplicados nas funções de pertinência para se obter o grau de pertinência aos subconjuntos nebulosos, os quais são aplicados nas regras habilitadas.

As regras possuem um formato de declaração do tipo SE / ENTÃO. O lado SE da regra que pode conter uma ou mais condições, é chamado de antecedente. O lado ENTÃO que contém uma ou mais ação, é chamado de conseqüente (SILVER, 1998a). O lado antecedente é composto pelas Circunstâncias Legais Atenuantes. O antecedente da regra verifica condicionalmente o grau de pertinência dos subconjuntos. O lado conseqüente da regra representa o “quantum” para atenuar através do conjunto *ATENUAÇÃO*.

A seguir é apresentado como as regras podem ser combinadas (SILVER, 1998b). Inicialmente atribui-se apenas um valor verdade para as circunstâncias aplicadas na composição de regras em um nível superior. Posteriormente, cada regra deste nível superior se divide em outras regras de controle, que avaliam os subconjuntos nebulosos das respectivas circunstâncias, como também o subconjunto de defuzzificação (SILVER, 1998f).

Combinando apenas uma Circunstância Legal Atenuante.

Regra Sup_01. Se Circunstância_1_é_verdade

Então ATENUAÇÃO_é_verdade

- Regra Sup_02. Se Circunstância_2_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_03. Se Circunstância_3_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_04. Se Circunstância_4_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_05. Se Circunstância_5_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_06. Se Circunstância_6_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_07. Se Circunstância_7_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_08. Se Circunstância_8_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade

Combinando a Circunstância Legal Atenuante 01 com outra circunstância.

- Regra Sup_17. Se Circunstância_1_é_verdade .AND. Circunstância_2_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade
- Regra Sup_18. Se Circunstância_1_é_verdade .AND. Circunstância_3_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade

E assim sucessivamente até a Circunstância 08.

Combinando a Circunstância Legal Atenuante 01 e 02 com outra circunstância.

- Regra Sup_19. Se Circunstância_1_é_verdade .AND.
Circunstância_2_é_verdade . AND.
Circunstância_3_é_verdade
Então ATENUAÇÃO_é_verdade

Regra Sup_20. Se Circunstância_1_é_verdade .AND.
 Circunstância_2_é_verdade . AND.
 Circunstância_4_é_verdade
 Então ATENUAÇÃO_é_verdade

E assim sucessivamente, até chegar na última combinação possível, onde todas as oito circunstâncias são aplicadas, até formar a maior regra.

Regra Sup_”n”. Se Circunstância_01_é_verdade .AND.
 Circunstância_02_é_verdade .AND.
 Circunstância_03_é_verdade .AND.
 Circunstância_04_é_verdade .AND.
 Circunstância_05_é_verdade .AND.
 Circunstância_06_é_verdade .AND.
 Circunstância_07_é_verdade .AND.
 Circunstância_08_é_verdade .AND.
 Então ATENUAÇÃO_é_verdade

De forma idêntica à fase anterior, cada regra de nível superior deriva para os subconjuntos pertencentes ao conjunto da respectiva circunstância. Inclusive o conjunto de defuzzificação (SILVER, 1998f) também deriva para seus subconjuntos. As regras derivadas são as regras finais possíveis, sendo que destas deverão ser selecionadas as de maior influência, para se obter um grupo de regras não muito elevado, de forma a evitar contradições ou perturbações entre as próprias regras. Para exemplificar, a regra 01 mostrada anteriormente, de nível superior que avalia simplesmente a circunstância “Ser o agente menor de 21 (vinte e um), na data do fato....”, deriva-se nos possíveis subconjuntos, conforme visualizado a seguir.

Regra Sup_01. Se Circunstância_1_é_verdade
Então ATENUAÇÃO _é_verdade

Derivando para as regras finais, tem-se:

Regra Der_01. Se Circunstância_1_é_branda
Então ATENUAÇÃO _é_de_pouquíssima_compensação

Regra Der_02. Se Circunstância_1_é_razoável
Então ATENUAÇÃO _é_de_pouca_compensação

Regra Der_03. Se Circunstância_1_é_compensatória
Então ATENUAÇÃO _é_de_média_compensação

A regra superior 17 apresentada acima com suas derivações possíveis para seus respectivos subconjuntos nebulosos.

Regra Sup_17. Se Circunstância_1_é_verdade .AND. Circunstância_2_é_verdade
Então ATENUAÇÃO _é_verdade

Derivando:

Regra Der_04. Se Circunstância_1_é_branda .AND. Circunstância_2_é_branda
Então ATENUAÇÃO _é_de_pouca_compensação

Regra Der_05. Se Circunstância_1_é_branda .AND.
Circunstância_2_é_razoável
Então ATENUAÇÃO _é_de_média_compensação

Regra Der_06. Se Circunstância_1_é_branda .AND.
Circunstância_2_é_compensatória
Então ATENUAÇÃO _é_de_muita_compensação

Regra Der_07. Se Circunstância_1_é_razoável .AND.
Circunstância_2_é_branda
Então ATENUAÇÃO _é_de_pouca_compensação

Regra Der_08. Se Circunstância_1_é_razoável .AND.

Circunstância 2 é razoável

Então ATENUAÇÃO é de média compensação

Regra Der_09. Se Circunstância_1_é_razoável.AND.

Circunstância_2_é_compensatória

Então ATENUAÇÃO é de muita compensação

Regra Der_10. Se Circunstância_1_é_compensatória .AND.

Circunstância 2 é branda

Então ATENUAÇÃO é de média compensação

Regra Der_11. Se Circunstância_1 é compensatória .AND.

Circunstância 2 é razoável

Então ATENUAÇÃO é de muita compensação

Regra Der_12. Se Circunstância_1_é_compensatória.AND.

Circunstância 2 é compensatória

Então ATENUAÇÃO é de muitíssima compensação

E assim sucessivamente, derivando até a última regra superior “n”, a mais atenuante de todas, que envolve todas circunstâncias em uma só regra. Para facilidade de processamento, uma regra envolvendo mais circunstâncias pode eliminar outra envolvendo menos.

Regra Sup_ "n". Se Circunstância 01 é verdade .AND.

Circunstância 02 é verdade .AND.

Circunstância 03 é verdade .AND.

Circunstância 04 é verdade .AND.

Circunstância 05 é verdade .AND.

Circunstância_06 é verdade .AND.

Circunstância 07 é verdade .AND.

Circunstância 08 é verdade .AND.

Circunstância 09 é verdade .AND.

Circunstância_10_é_verdade .AND.

Circunstância_11_é_verdade .AND.

Circunstância_12_é_verdade .AND.

Circunstância_13_é_verdade .AND.

Circunstância_14_é_verdade .AND.

Circunstância_15_é_verdade .AND.

Circunstância_16_é_verdade .AND.

Então ATENUAÇÃO_é_verdade

Derivando: Regra Der_”n”.

Se Circunstância_01_é_compensatória .AND.

Circunstância_02_é_compensatória .AND.

Circunstância_03_é_compensatória .AND.

Circunstância_04_é_compensatória .AND.

Circunstância_05_é_compensatória .AND.

Circunstância_06_é_compensatória .AND.

Circunstância_07_é_compensatória .AND.

Circunstância_08_é_compensatória .AND.

Circunstância_09_é_compensatória .AND.

Circunstância_10_é_compensatória .AND.

Circunstância_11_é_compensatória .AND.

Circunstância_12_é_compensatória .AND.

Circunstância_13_é_compensatória .AND.

Circunstância_14_é_compensatória .AND.

Circunstância_15_é_compensatória .AND.

Circunstância_16_é_compensatória .AND.

Então ATENUAÇÃO_é_de_muitíssima_compensação

Como pode-se observar, a regra derivada “n” é a mais atenuante possível onde todos os subconjuntos nebulosos são COMPENSATÓRIA.

5. 1. 3 Defuzzificação

Os subconjuntos de ATENUAÇÃO necessitam ser convertidos para um valor exato crisp. Este valor será encontrado pelo processo de defuzzificação (SILVER, 1998f) utilizando o método do centro de gravidade. Basicamente a defuzzificação consiste em determinar no eixo x o ponto central do subconjunto do lado consequente da regra. Em seguida fazer um corte no ponto central na altura equivalente ao grau de pertinência encontrado pelas regras e determinar a área abaixo deste corte, encontrando assim o ponto de equilíbrio das áreas envolvidas. Todas as regras de controle habilitadas no processo anterior contribuem para a defuzzificação. Caso mais de uma regra ative o mesmo subconjunto de defuzzificação, o Máximo dos graus de pertinência envolvidos é utilizado, ou seja: $\text{MAX} (\text{MIN} (\mu_1) , \text{MIN} (\mu_2))$.

Exemplificando este processo, seja que um magistrado tenha aplicado a circunstância número seis e sete, com valores de entrada 55 e 75 respectivamente, tem-se:

A Circunstância 06 com valor de entrada $x = 55$, ativa somente o subconjunto RAZOÁVEL, com a respectiva função de pertinência.

$$\text{RAZOÁVEL} (x) = 1 \quad \text{se} \quad 40 < x \leq 60 = 1.00$$

A Circunstância 07 com valor de entrada $x = 75$, ativa os subconjuntos RAZOÁVEL e COMPENSATÓRIA, com suas respectivas funções de pertinência.

$$\text{RAZOÁVEL} (x) = (80 - x) / (80 - 60) = 0.25$$

$$\text{COMPENSATÓRIA} = 1 - ((100 - x) / (100 - 60)) = 0.37$$

Se duas regras derivadas estejam habilitadas, se transporta os respectivos graus de pertinência para as mesmas, sendo representadas da seguinte forma:

Regra Der_06.

Se Circunstância_06_é_razoável com grau **1.00**

Então ATENUAÇÃO_é_de_pouca_compensação $\text{MIN} (1.00) = 1.00$

Regra Der_16.

Se Circunstância_06_é_razoável com grau **1.00** .AND.

Circunstância_07_é_compensatória com grau **0.37**

Então ATENUAÇÃO_é_de_muita_compensação $\text{MIN} (1.00 , 0.37) = 0.37$

Exemplificando, a Fig. 27 mostra o processo de defuzzificação (SILVER, 1998f) utilizado para ATENUAÇÃO com 1.00 grau de pertinência para o subconjunto POUCA_COMPENSAÇÃO e 0.37 grau para o subconjunto MUITA_COMPENSAÇÃO.

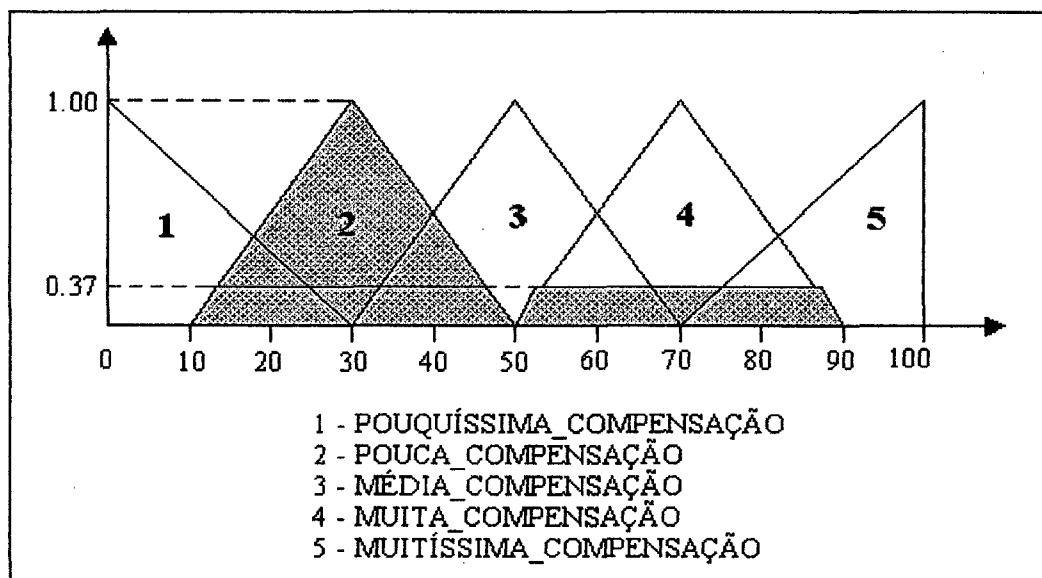


Figura 27. Defuzzificação do processo de ATENUAÇÃO.

Aplicando o método do Centro de Gravidade aplicado para os subconjunto **POUCA_COMPENSAÇÃO** e **MUITA_COMPENSAÇÃO**, os quais ativados pelas regras de controle, encontra-se o seguinte valor exato crisp:

$$\text{POUCA_COMPENSAÇÃO} = 1.00 (40 + 0) / 2 = 20.00$$

$$\text{POUCA_COMPENSAÇÃO} = 0.37 (40 + 30) / 2 = 12.95$$

$$\text{ATENUAÇÃO} = 20.00 (30) + 12.95 (70) / 20.00 + 12.95 = \mathbf{45.72}$$

O valor exato **45.72** encontrado pelo processo de defuzzificação para **ATENUAÇÃO** será compensado com o valor exato encontrado pelo processo de defuzzificação em **AGRAVAÇÃO**, obtendo desta forma o valor exato final pretendido.

CAPÍTULO 6

6. 1 *Pena Final*

A forma de calcular a pena final também deve ser ajustada em razão dos resultados finais obtidos. A prescrição de como a pena está no Código Penal não se altera, ou seja, sempre é definida em um limite mínimo de pena a um limite máximo (OLIVEIRA, 1992). Portanto o montante variável de pena pode ser interpretado de formas diferentes, sendo:

- 1) Limite superior menos o limite inferior;
- 2) Considerar apenas o limite inferior;
- 3) Considerar apenas o limite superior.

Exemplificando, para um crime cometido de furto qualificado, onde o limite de pena estipulado pelo Código é de *um a quatro anos*, e sendo o valor crisp das Circunstâncias Judiciais de **60.24**, das Circunstâncias Legais Agravantes de **57.73** e das Atenuantes de **45.72**. O valor crisp final deve ser composto pela soma dos valores das Circunstâncias Judiciais e Agravantes Legais e subtraído pelo das Atenuantes. Portanto, o crisp final é de **72.25**. Calculando a Pena final pelas três formas apresentadas acima, tem-se:

6. 1. 1 *Primeira Forma*

Nesta forma o montante variável de pena é formado entre o limite inferior e superior referente ao artigo em questão. Partindo da análise de uma pena de um a quatro anos, nem menos de um ano, ou mais de quatro anos o réu está passível de absorver como sentença de pena. Este intervalo pode ser extrapolado pelas causas especiais de aumento ou diminuição.

Mas não isto é tocante à terceira fase, a qual não é necessário a aplicação de Fuzzy Logic, por ser aplicação fracionária simplesmente. Sendo assim, o montante variável passível de pena é um montante de três anos, ou seja, entre um e quatro. Esta forma se aproxima muito com as sentenças proferidas por magistrados. Deve ser considerada como uma das melhores formas de cálculo.

Montante Variável = Limite Superior menos Limite Inferior = 4 anos menos 1 ano = **3 anos**

Montante Variável em dias = 3 x 365 = **1.095 dias**

Valor Crisp Final = 60.24 + 57.73 - 45.72 = **72.25 %**

Pena Base Final = 1095 dias x 72.25 % = 791 dias = **dois anos, dois meses e 1 dia.**

Pena Final 1 = limite inferior + Pena Base Final = **Três anos , dois meses e 1 dia.**

6. 1. 2 Segunda Forma

Para este tipo de cálculo, é levado em questão apenas o limite inferior, partindo do princípio que o montante passível de pena parte do mínimo prescrito no artigo de enquadramento do réu. Na forma como os magistrados definem suas sentenças, o limite mínimo é usado, aparentemente, como um marco de referência, ou seja, a partir dele, a pena vai aumentando até o limite máximo. Esta forma deve ser considerada para estudos e comparada com os resultados da primeira forma, para se chegar a conclusões sobre a sua eficácia. Em uma pena de um a quatro anos, o montante variável é de um ano, sendo o mesmo do limite inferior.

Montante Variável = Limite Inferior = **1 ano**

Montante Variável em dias = 1 x 365 = **365 dias**

Valor Crisp Final = 60.24 + 57.73 - 45.72 = **72.25 %**

Pena Base Final = 365 dias x 72.25 % = 264 dias = **Oito meses e 24 dias**

Pena Final 2 = limite inferior mais Pena Base Final = **Um ano, oito meses e 24 dias.**

6. 1. 3 Terceira Forma

Aqui o procedimento de cálculo é semelhante ao da segunda forma, com a diferença que leva em consideração o limite superior para formar o montante variável. De forma inversa, sobre a pena máxima se diminui o valor crisp final, de forma a não ultrapassar o limite inferior. Deve ser considerada, mas aparentemente não é uma forma de boa aceitação prática pelos magistrados. Em uma pena de um a quatro anos o montante variável é o mesmo do limite superior, ou seja, quatro anos.

Montante Variável = Limite Superior = **4 anos**

Montante Variável em dias = $4 \times 365 = 1460$ dias

Valor Crisp Final = $60.24 + 57.73 - 45.72 = 72.25 \%$

Pena Base Final = $1460 \text{ dias} \times 72.25 \% = 1055 \text{ dias} = \text{dois anos, dez meses e 25 dias.}$

Pena Final = limite inferior mais Pena Base Final = **Três anos, dez meses e 25 dias**

Como se pode verificar, três penas finais foram encontradas. Isto representa que a forma de como calcular a pena final também se deve levar em consideração. Portanto, a forma do cálculo também faz parte do conjunto de parametrização do modelo apresentado. A forma ideal a ser utilizada deve ser comparada com os resultados reais de penas aplicadas por magistrados.

A primeira forma apresenta ser a mais indicada, por ter como montante variável o mesmo considerado pelos magistrados.

6. 1. 4 Representação de funções lineares no processo de defuzzificação

Todos os subconjuntos utilizados neste modelo proposto são representados por funções lineares crescentes, decrescentes, triangulares ou trapezoidais. É possível utilizar outros tipos de funções, mas por facilidade de parametrização, estas foram as escolhidas. Entretanto, valores iniciais atribuídos à funções lineares resultam em valores lineares. Assim sendo, se fosse apenas aplicadas diretamente funções lineares no modelo apresentado, muito difícil seria extrair de um valor exato inicial de entrada, outro valor que subjetivamente representasse a “quantidade” de pena referente às circunstâncias. Em vez disso, essa medida (o “quantum de pena”), é obtido através de um processo de defuzzificação, (SILVER, 1998f), (VIOT, 1993), o qual neste trabalho, consiste no método de centro de gravidade.

Para exemplificar o mapeamento não linear de valores de entrada em valores de saída por meio de funções de pertinência lineares, considere-se um processo de defuzzificação envolvendo três circunstâncias judiciais referente à primeira fase: *Culpabilidade, Antecedentes e Motivos*. As regras são mantidas sempre as mesmas, assim como os valores de entrada dos subconjuntos *Antecedentes* e *Motivos*. Apenas os valores de entrada de *Culpabilidade* serão alterados de forma gradativa, de modo a se poder observar o comportamento resultante.

Os valores de entrada serão sempre 85 para *Antecedentes* e 75 para *Motivos*. As entradas iniciais para *Culpabilidade* são alteradas, assumindo os valores 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, e 60. Do conjunto total de regras, as habilitadas são utilizadas sem serem modificadas durante o processo. Apenas os graus de pertinência aplicados alteram-se, em função da variação dos valores de entrada de *Culpabilidade*.

Regra 01: Se *Culpabilidade* é Verdade .AND.

Antecedente é Verdade ENTÃO *Circunstâncias_Judiciais* é MÉDIO

Regra 02: Se *Antecedentes* é Verdade .AND.

Motivos é Verdade ENTÃO *Circunstâncias_Judiciais* é MUITO

Os formatos dos subconjuntos são os mesmos apresentados no Capítulo 3. Aplicando-se os valores de entrada anteriormente mencionados nas respectivas funções de pertinência dos subconjuntos envolvidos e realizando o processo de defuzzificação através do método do centro de gravidade, chega-se aos resultados apresentados* pela tabela 1.

<i>Culpabilidade</i>	<i>Antecedentes</i>	<i>Motivos</i>	<i>Circunstâncias Judiciais</i>
10	85	75	58.89
15	85	75	70.00
20	85	75	61.74
25	85	75	64.15
30	85	75	61.73
40	85	75	58.89
50	85	75	58.92
60	85	75	58.79

Tabela 1: Resultado de *Circunstâncias Judiciais* com variação de *Culpabilidade*

Quando plotados graficamente, percebe-se que o mapeamento das variáveis de entrada *Culpabilidade* nos resultados deixam de ser lineares, apesar da utilização apenas de funções lineares. A passagem pelo processo de defuzzificação implica nesta característica, ilustrada no gráfico 1 abaixo.

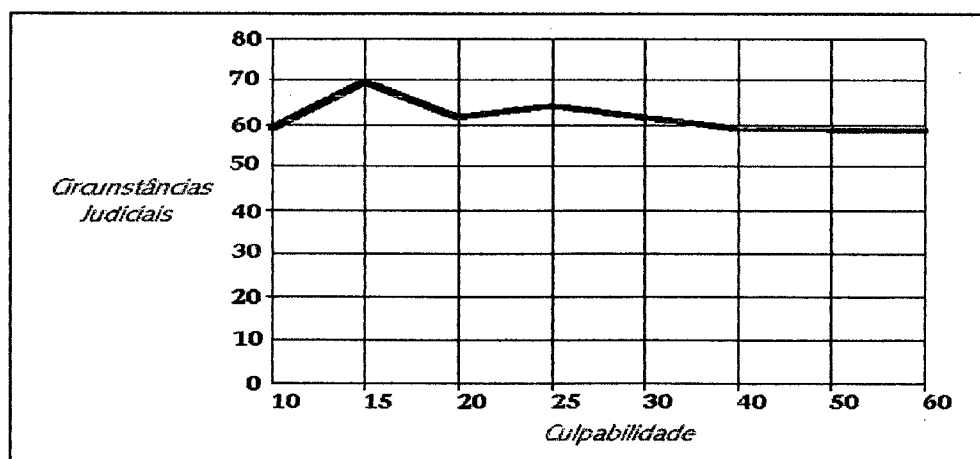


Gráfico 1: Resultado do processo de defuzzificação

CAPÍTULO 7

7.1 Sentença suportada pelo modelo fuzzy proposto

A seguir será apresentado a metodologia proposta para calcular a dosimetria da pena em uma sentença já julgada por um magistrado com condenação. Os procedimentos seguidos pelo magistrado serão os mesmos seguidos pelo modelo fuzzy. A sentença escolhida para a demonstração será a apresentada no Capítulo 2 desta Dissertação, no Subcapítulo 2.3 .

Sentença de tráfico de entorpecente

“Ação Penal Pública Incondicionada nº 10/96.

Autora: A Justiça Pública

Réus (s): Francinildo Ferreira de Paiva e Francinaldo Bezerra da Silva e
Janaildo Alves Dantas e Reginaldo Bezerra da Silva

Juiz de Direito: Fábio Wellington Ataíde Alves”

Seguindo os passos da dosimetria, a primeira fase compreende exame e aplicação das oito Circunstâncias Judiciais. Para cada circunstância aplicada pelo magistrado, o respectivo subconjunto e função de pertinência utilizado são visualizados.

1. *Culpabilidade: A culpabilidade foi elevada. O acusado teve domínio sobre a situação delitiva, mas em nenhum momento lutou contra ela. Agiu, deliberadamente, com o intuito de promover o tráfico ilícito de entorpecente.*

Nesta circunstância, o magistrado, por considerar a culpabilidade elevada, aplica uma intensidade alta de valor inicial $\alpha = 70$. Levando este valor para o conjunto de Culpabilidade, nota-se que dois subconjuntos são ativados, ou seja, PARCIAL e ELEVADA.

$$\alpha = 70$$

$$f(\alpha) = \text{PARCIAL}(\alpha) = (80 - \alpha) / (80 - 50) = 0.33 \text{ (grau de pertinência)}$$

$$f(\alpha) = \text{ELEVADA}(\alpha) = 1 - ((80 - \alpha) / (80 - 50)) = 0.67 \text{ (grau de pertinência)}$$

2. Antecedentes: Não tem maus antecedentes registrados.

Esta circunstância não foi aplicada pelo magistrado.

3. Conduta social: Não há registros de que ele tenha péssimo relacionamento social, apesar de possuir ocupação laborativa eventual.

Nesta circunstância a constatação do magistrado é de uma conduta social levemente moderada, aplicando um valor inicial de $\alpha = 30$.

$$\alpha = 30$$

$$f(\alpha) = \text{BOA}(\alpha) = (40 - \alpha) / (40 - 0) = 0.25 \text{ (grau de pertinência)}$$

$$f(\alpha) = \text{MODERADA}(\alpha) = 1 - ((40 - \alpha) / (40 - 20)) = 0.50 \text{ (grau de pertinência)}$$

4. Personalidade do agente: Possui predisposição para o crime. Confessou que desde os 14 anos de idade tem contado com drogas.

Nesta circunstância um alto grau de intensidade é constatado pelo magistrado, $\alpha = 75$, pelo fato de o réu ter predisposição e confessado.

$$\alpha = 75$$

$$f(\alpha) = \text{MAU CARATER}(\alpha) = 1 - ((100 - \alpha) / (100 - 50)) = 0.50 \text{ (grau de pertinência)}$$

5. Motivos: Os motivos do crime foram amplamente individualistas.

Considerou o magistrado uma intensidade moderada para os motivos, $\alpha = 30$, baseado na característica dos motivos não terem grande intensidade no crime.

$$\alpha = 30$$

$$f(\alpha) = \text{POUCO DESFAVORÁVEL}(\alpha) = (50 - \alpha) / (50 - 0) = 0.40 \text{ (grau de pertinência)}$$

6. Circunstâncias: As circunstâncias do delito foram reprováveis. O réu realizava o tráfico em locais de difícil acesso.

Aplica nesta circunstância o magistrado um alto grau de intensidade, pelo fato das circunstâncias serem reprováveis e o difícil acesso. Para tal, define $\alpha = 80$.

$$\alpha = 80$$

$$f(\alpha) = \text{REPROVÁVEL}(\alpha) = 1 - ((100 - \alpha) / (100 - 50)) = 0.60 \text{ (grau de pertinência)}$$

7. Consequências do crime: As consequências atingiram não somente a saúde pública, como também aos indivíduos que receberam a erva.

Entende o magistrado nesta circunstância que a intensidade foi generalizada e para tanto define o valor inicial de intensidade $\alpha = 40$, atingindo dois subconjuntos fuzzy.

$$\alpha = 40$$

$$f(\alpha) = \text{POUCO DANOSAS}(\alpha) = (60 - \alpha) / (60 - 0) = 0.33 \text{ grau de pertinência}$$

$$f(\alpha) = \text{RAZOAVELMENTE DANOSAS}(\alpha) = 1 - ((50 - \alpha) / (50 - 20)) = 0.67 \text{ (grau de pertinência)}$$

8. Comportamento da vítima: A coletividade não contribuiu para a configuração do ilícito.

Nesta circunstância o grau de intensidade é aplicado pelo magistrado com pouca intensidade em relação ao comportamento em si do réu, atribuindo $\alpha = 30$.

$$\alpha = 30$$

$$f(\alpha) = \text{POUCA CONTRIBUIÇÃO}(\alpha) = (50 - \alpha) / (50 - 0) = 0.40 \text{ (grau de pertinência)}$$

7.2 Regras de Controle das circunstâncias judiciais

Como pode-se observar, com exceção da circunstância *Antecedentes* todas as outras foram aplicadas pelo magistrado. Esta constatação caracteriza um montante de pena elevado somente para as circunstâncias judiciais, referente a primeira fase, ou seja, as Circunstâncias Legais ainda podem agravar mais a pena se aplicadas forem. Como muitas circunstâncias foram aplicadas, a quantidade de regras de controle habilitadas também será expressiva, sendo que o princípio de uma regra mais abrangente que domina uma menos abrangente será mostrado. Inicialmente alguns exemplos de regras habilitadas serão visualizadas, passando para as derivadas e apenas a regra mais abrangente será utilizada para o processo de defuzzificação para encontrar um valor exato.

Regras de Controle Habilitadas:

- Regra 01. Se Culpabilidade é *verdade* ENTÃO
CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS é *Verdade*
- Regra 02. Se Conduta Social é *verdade* ENTÃO
CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS é *Verdade*
- Regra 03. Se Motivos é *verdade* . AND. Consequências é *Verdade* ENTÃO
CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS é *Verdade*

Regra “n” (mais abrangente).

Se Culpabilidade é *verdade* . AND.
Conduta Social é *verdade* . AND.
Personalidade é *verdade* . AND.
Motivos é *verdade* . AND.
Circunstâncias é *verdade* . AND.
Consequências é *verdade* . AND.
Comportamento é *verdade* . AND.
ENTÃO CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS é *Verdade*

Regras de Controle Derivadas:

- Regra 01. Se Culpabilidade é *Elevada* ENTÃO
CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS é *Médio*
- Regra 02. Se Conduta Social é *Moderada* ENTÃO
CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS é *Pouco*
- Regra 03. Se Motivos é *Pouco desfavorável* . AND.
Consequências é *Razoavelmente Danosas* ENTÃO
CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS é *Muito*

Regra “n” (mais abrangente).

Se Culpabilidade é *Elevada* . AND.
 Conduta Social é *Moderada* . AND.
 Personalidade é *Mau Caráter* . AND.
 Motivos é *Pouco Desfavorável* . AND.
 Circunstâncias é *Reprovável* . AND.
 Consequências é *Razoavelmente Danosas* . AND.
 Comportamento tem *Pouca Contribuição* . AND.

ENTAO CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS é *Muitíssimo*

Aplicando os graus de pertinência obtidos anteriormente nas regras habilitadas, sendo que para este exemplo apenas na regra mais abrangente, tem-se:

Se Culpabilidade é *Elevada* (0.67) . AND.
 Conduta Social é *Moderada* (0.50) . AND.
 Personalidade é *Mau Caráter* (0.50) . AND.
 Motivos é *Pouco Desfavorável* (0.40) . AND.
 Circunstâncias é *Reprovável* (0.60) . AND.
 Consequências é *Razoavelmente Danosas* (0.67) . AND.
 Comportamento tem *Pouca Contribuição* (0.40) . AND.

ENTAO CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS é

Muitíssimo $MIN(0.67, 0.50, 0.50, 0.40, 0.60, 0.67, 0.40) = \underline{0.40}$

7.3 Defuzzificação das Circunstâncias Judiciais

Utilizando o método do centro de gravidade, basicamente a defuzzificação consiste em determinar no eixo x o ponto central do subconjunto do lado consequente da regra. Em seguida fazer um corte no ponto central na altura equivalente ao grau de pertinência

encontrado pelas regras e determinar a área abaixo deste corte, encontrando assim o ponto de equilíbrio das áreas envolvidas.

Quando mais de uma das regras habilitadas resultam no mesmo subconjunto CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS do lado conseqüente da regra, aplica-se a função de Mandani (SOUZA, 1999b) $\mu_{C1}(w) = \text{Min} [\mu_1, \mu_{C1}(w)]$ onde os subconjuntos são somados logicamente $\mu_C(w) = \text{Max} [\mu_{C1}(w), \mu_{C2}(w), \mu_{C3}(w)]$. A seguir é visualizado pela Fig. 28 o processo de defuzzificação para um grau de 0.4 para o subconjunto MUITÍSSIMO.

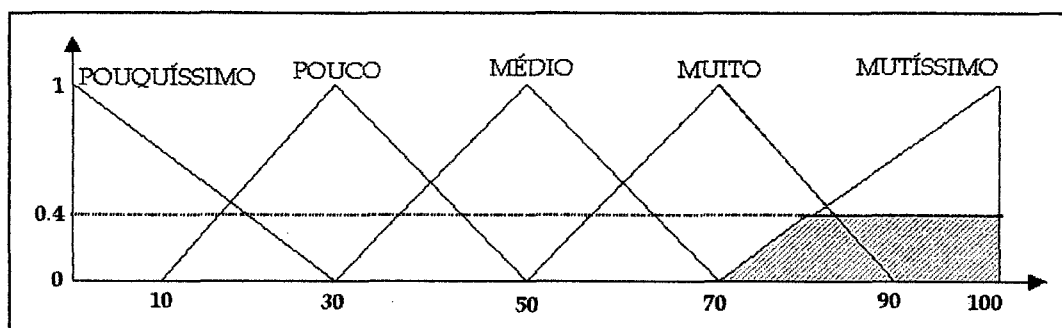


Figura 28. Defuzzificação para Circunstâncias Judiciais

Encontrar o valor exato através método do Centro de Gravidade.

$$\text{Subconjunto MUITÍSSIMO} = 0.4 (40 + 27) / 2 = 13.4$$

$$\text{Centro de gravidade de CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS: } 13.4 (85) / 13.4 = \underline{\underline{85.0}}$$

7. 4 *Circunstâncias Legais Agravantes*

Conforme está prescrito na sentença em que se está seguindo, o magistrado não aplicou nenhuma das dezesseis circunstâncias agravantes, ou seja, o magistrado averiguou que o réu não se enquadrava em nenhuma delas. Portanto nenhuma regra será habilitada e consequentemente o processo de defuzzificação para as circunstâncias agravantes é nulo.

7. 5 *Circunstâncias Legais Atenuantes*

Com referência a estas circunstâncias, o magistrado aplicou a primeira do art. 65, do Código Penal. *Ser o agente menor de 21 (vinte e um), na data do fato, ou maior de 70 (setenta) anos, na data da sentença.* Como pode-se observar, as Atenuantes responsáveis em diminuir a pena, são em número bem inferior às circunstâncias que aumentam a pena. Por esta constatação, devem ter uma intensidade maior que as agravantes. Uma maneira de aumentar a intensidade, é através de modificadores Hedges, como apresentado no Sub-capítulo 1.3.4.

Nesta circunstância a intenção do magistrado foi de atribuir grande intensidade, devido ao abatimento de um ano dado por conta apenas desta circunstância na sentença seguida. Para tanto, o valor atribuído foi de $\alpha = 90$. Aplicando o valor na função de pertinência correspondente, tem-se:

$$\alpha = 90$$

$$f(\alpha) = \text{COMPENSATÓRIA}(\alpha) = 1 - ((100 - \alpha) / (100 - 60)) = 0.75 \text{ grau de pertinência}$$

7. 6 Regras de Controle das Circunstâncias Legais Atenuantes

De forma semelhante as circunstâncias judiciais, somente as regras habilitadas são aptas a comporem o processo de fuzificação. E da mesma forma, regras mais abrangentes prevalecem sobre regras menos abrangentes, de forma a se evitar uma quantidade grande de regras habilitadas. Após verificar as regras habilitadas, aplica-se os graus de pertinência encontrados pelas funções, como segue:

Regras de Controle Habilitadas:

Regra _01. Se Circunstância_1_é_verdade
Então ATENUAÇÃO _é_verdade

Regras de Controle Derivadas:

Regra _01. Se Circunstância_1_é_Compensatória
Então ATENUAÇÃO _é_Muita Compensação

Aplicando o grau de pertinência encontrado na única regra habilitada, tem-se:

Regra _01. Se Circunstância_1_é_Compensatória (0.75)
Então ATENUAÇÃO _é_Muita Compensação (0.75)

7.7 Defuzzificação das Circunstâncias Legais Atenuantes

O método de centro de gravidade também é aplicado para o processo de defuzzificação das circunstâncias atenuantes, mesmo havendo apenas uma regra habilitada. A Fig. 29 mostra o formato dos subconjuntos utilizados.

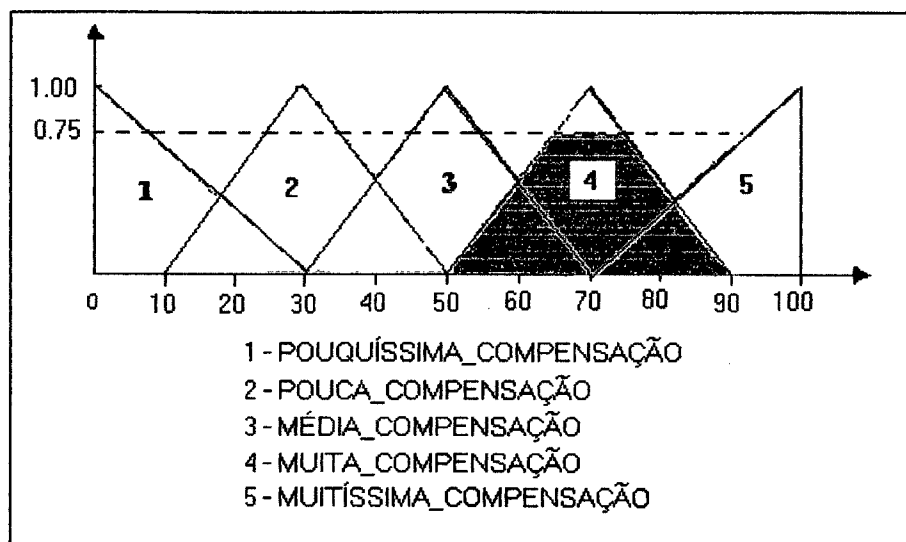


Figura 29. Defuzzificação para ATENUAÇÃO

Encontrar o valor exato através método do Centro de Gravidade.

$$\text{Subconjunto } MUITA_COMPENSAÇÃO = 0.75 (40 + 10) / 2 = 18.75$$

$$\text{Centro de gravidade de ATENUAÇÃO: } 18.75 (70) / 18.75 = \underline{\underline{70.0}}$$

7.8 Pena final

Para encontrar a pena final a segunda forma mostrada no Sub-capítulo 6.1.2 será a utilizada. Do valor encontrado em *CIRCUNSTÂNCIAS JUDICIAIS* deve ser subtraído o valor encontrado em *ATENUAÇÃO*. Logo, do valor de 85.0 subtrai-se o valor 70.0 e chega-se ao valor final Crisp exato de 15.0 positivo para agravação de pena, a ser aplicado no montante variável, conforme segue:

$$\begin{aligned}\text{Montante Variável} &= \text{Limite Superior} \text{ menos } \text{Limite Inferior} \\ &= 12 \text{ anos} \text{ menos } 4 \text{ anos} = \mathbf{8 \text{ anos}}\end{aligned}$$

$$\text{Montante Variável em dias} = 8 \times 365 = \mathbf{2.920 \text{ dias}}$$

$$\text{Valor Crisp Final} = 85.00 - 70.00 = \mathbf{15.00 \%}$$

$$\text{Pena Base Final} = 2.920 \text{ dias} \times 15.00 \% = 438 \text{ dias} = \mathbf{Um \text{ ano } , \text{ dois meses e } 13 \text{ dias.}}$$

$$\begin{aligned}\text{Pena Final} &= \text{limite inferior} + \text{Pena Base Final} \\ &= \mathbf{\underline{Cinco \text{ anos } , \text{ dois meses e } 13 \text{ dias.}}}\end{aligned}$$

Pena atribuída pelo Magistrado: **Quatro anos**

A pena atribuída pelo magistrado foi de *quatro anos*, ou seja, exatamente no mínimo legal, conforme o próprio define. Mas uma característica fato que causa uma certa incerteza é o fato de o magistrado aplicar praticamente todas as circunstâncias judiciais contra o réu, apenas uma atenuante e definir a pena no mínimo legal. Esta constatação requer mais estudo em outras sentenças par se chegar a correta parametrização do modelo apresentado.

8 CONCLUSÕES

Para se obter avaliações práticas do desempenho da metodologia apresentada, algumas sentenças reais aplicadas por magistrados foram submetidas ao modelo, na tentativa de se atingir o mesmo resultado jurídico real. Em alguns casos a mesma sentença atribuída pelo magistrado foi encontrada pelo sistema de forma muito próxima. Em outros casos se obteve penas diferentes com variações para mais ou para menos. Isto representa a necessidade de melhores parametrizações nos domínios dos subconjuntos utilizados e abrangência das regras. Pode-se avaliar que as variações não foram muito significativas, podendo-se concluir que o sistema tem grande potencial de um modelo confiável. O maior desafio a ser encontrado é uma parametrização global dos subconjuntos e regras, de forma a uma parametrização não causar perturbação em um resultado já definido. Neste ponto, a contribuição de um profissional da área de Direito Penal se faz necessário, assim como a participação também de um magistrado. A metodologia de Fuzzy Logic utilizada mostrou-se adequada como uma ferramenta de Inteligência Artificial, para ser aplicada à Dosimetria da pena.

A continuidade do trabalho se voltará a encontrar os ideais domínios dos subconjuntos e definição das regras de controle, para concretizar essa metodologia apresentada em uma ferramenta concreta disponível na Internet e ser disponibilizado à classe jurídica. De forma geral, a grande contribuição deste trabalho vem em suprir a falta da existência de uma fonte de apoio à decisão na Dosimetria da Pena do Código Penal Brasileiro, com auxílio de Inteligência Artificial.

9 ANEXOS

Anexo A - Publicação nos *Anais do VIII Seminário de Computação*.

Seminário de Computação (8. : 1999 : Blumenau, SC)

S471a Anais do VIII SEMINCO / promoção: Universidade Regional de Blumenau, Departamento de Sistemas e Computação. – Blumenau, O Departamento, 1999. 175p. : il.

1. Computação – Congressos. I. Universidade Regional de Blumenau. Departamento de Sistemas e Computação. II. Título.

CDD 004

Anexo B - Publicação nos *Anais do XX Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação.*

S678 Sociedade Brasileira de Computação. Congresso Nacional
2000 (20 : 2000 : Curitiba, PR)

Anais do XX Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de
Computação / coordenador geral, Robert Carlisle Burnett;
Edição geral, henri Frederico Eberspacher ; organização,
PUCPR. – Curitiba : Champagnat, 2000.

v.1 ; 21 cm

Inclui bibliografias e índice

Tema: Integração Universidade – Empresa

Conteúdo : v.1 – XXX SECOMU / VIII WEI / II WIE /
II COMPUTEC / XVIII ENECOMP / XXVII SEMISH / XIX CTIC /
XIII CTC / VII SBC&M / WIN. V.2 – XIX Jornada de
Atualização em Informática.

1. Computação – Congressos. I Burnett, Robert Carlisle. II.
Eberspacher, Henri Frederico. III. Congresso Nacional da Sociedade
Brasileira de Computação (20. : jul. 17-21 :
Curitiba, PR) : IV. Título.

CDD-20.ed.004.06

ISBN (coleção) : 85-7292-050-1

ISBN (vol. 1) : 85-7292-050-1

Editora Universitária Champagnat

Rua Imaculada Conceição, 1155

Curitiba – PR – 80215-901

Anexo C - Publicação em *The International Joint Conference IBERAMIA / SBIA 2000*.

The
International Joint Conference
IBERAMIA ' 2000
SBIA ' 2000

November 19-22 2000
Atibaia, São Paulo, Brazil

IBERAMIA/SBIA 2000 will consist of:

- Main Conference
- Associated workshops
- Tutorials
- Best MSc dissertation and Phd thesis contest

The main conference will be structured along two main modules:

- Open discussion track
- Paper track

Anexo D - Lista de Figuras.

Figura 1. Conjunto convencional e Fuzzy	18
Figura 2. Função de pertinência para o conjunto “pressão”	19
Figura 3. Função de pertinência para o conjunto “pequeno volume”	20
Figura 4. Sistema Fuzzy	21
Figura 5. Função triangular	22
Figura 6. Função trapezoidal	22
Figura 7. Função decrescente	23
Figura 8. Função decrescente	23
Figura 9. Interseção de dois subconjuntos triangulares	24
Figura 10. União de dois subconjuntos triangulares	24
Figura 11. Arquivo de regras de um sistema fuzzy	26
Figura 12. Arquivo de regras de um sistema fuzzy	26
Figura 13. Regras finais classificadas	28
Figura 14. Mapa dos subconjuntos para Culpabilidade	38
Figura 15. Formato dos subconjuntos para Antecedentes	39
Figura 16. Formato dos subconjuntos para Conduta Social	40
Figura 17. Formato dos subconjuntos para Personalidade	41
Figura 18. Formato dos subconjuntos para Motivos	42
Figura 19. Formato dos subconjuntos para Circunstâncias	43
Figura 20. Formato dos subconjuntos para Consequências	44
Figura 21. Formato dos subconjuntos para Comportamento	45
Figura 22. Formato dos subconjuntos para CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS	45
Figura 23. Defuzzificação de CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS	55
Figura 24. Subconjuntos nebulosos para Agravação	60
Figura 25. Defuzzificação para Agravação	67
Figura 26. Subconjuntos nebulosos para Atenuação	71
Figura 27. Defuzzificação do processo de ATENUAÇÃO	78

Figura 28. Defuzzificação para Circunstâncias Judiciais 93

Gráfico 1. Resultado do processo de defuzzificação 86

Tabela 1. Resultado de *Circunstâncias Judiciais* com variação de *Culpabilidade* 86

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECCARIA, Cesare. *Dos Delitos e das Penas*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1999.
- BITTENCOURT, Guilherme. Inteligência Artificial: Ferramentas e Teorias. Florianópolis, SC: Ed. da UFSC, 1998.
- BORGES, Paulo Sérgio da Silva. *A model of strategy games based on the paradigm of the Iterated Prisoner's Dilemma Employing Fuzzy Logic*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1996.
- BRULE, James F. *Fuzzy Systems - A Tutorial*. Computer AI. USA, 1992.
- FERNANDES, Anita Maria da Rocha; BASTOS, Rogério Cid. *A Fuzzy Expert for Qualitative Chemical Analyses of Minerals*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1997.
- FERRAZ, Nélon. Dosimetria da Pena: Penas Privativas de Liberdade. Florianópolis, SC: 1989a.
- FERRAZ, Nélon. Dosimetria da Pena I. Florianópolis, SC: 1989b.
- JACOB, Elias. *Circunstâncias Modificativas da Pena*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1999.
- KANDEL, A. Fuzzy Expert Systems. USA: Ed. CRC Press, 1986.
- KANTROWITZ, Mark; HORSTKOTTE, Erik. *What is fuzzy logic ?*. Carnegie Mellon University. Pittsburgh, GERMAIN, 1997a.
- KANTROWITZ, Mark; HORSTKOTTE, Erik. *What is fuzzy expert system ?*. Carnegie Mellon University. Pittsburgh, GERMAIN, 1997b.
- KANTROWITZ, Mark; HORSTKOTTE, Erik. *What is the relationship between fuzzy truth values and probabilities ?*. Carnegie Mellon University. Pittsburgh, GERMAIN, 1997c.
- KOSKO, Bart. Neural Networks and Fuzzy Systems. New Jersey, USA: Ed. Prentice Hall, 1992. p. 120, 149-150, 182, 315-316.

- KOSKO, Bart., ISAKA, S. *Fuzzy Logic*. Scientific American. USA, p. 76-81, July 1993.
- KOVÁCS, Zsolt László. *Redes Neurais Artificiais: Fundamentos e Aplicações*. São Paulo: Ed. Acadêmica, 1996.
- LEE, Jee-Hyong; KWANG. *An Extension of Association Rules Using Fuzzy Sets*. Korea Advanced Institute of Science and Technology. Seoul Korea, 1996.
- LI, Hua. *Fuzzy Logic and Intelligent Systems*: USA: Ed. Kluwer Academic, 1995.
- MINSKY, Marvin. *Logical Versus Analogical or Symbolic Versus Connectionist or Neat Versus Scruffy*. AI Magazine, USA, p. 35-51, 1991.
- MUNAKATA, Toshinori; JANI, Yashvant. *Fuzzy Systems: An Overview*. Communications of the ACM. 37, 3, p. 69-75, 1994.
- OLIVEIRA, Juarez de. *Direito Penal*: São Paulo: Ed. Saraiva, 1992.
- PASSINO, Kevin M. *Fuzzy Control: Theory and Application*. USA: Ed. Pearson, 1997.
- RABUSKE, Renato Antônio. *Inteligência Artificial*: Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1995.
- RU, Willem G. de; ELOFF, Jan H. P. *Enhanced Password Authentication through Fuzzy Logic*. IEEE Expert / Intelligent Systems & Their Applications. USA, 12, 6, 1997.
- RUSSEL, C. Eberhart; ROY, W. Dobbins; PATRICK W. Simpson. *Computacional Intelligence PC Tools*: Arizona, USA: Ed. Academic Professional Press, 1996.
- SILVER, William. *Chapter 3 Rule-Based Reasoning - Antecedent and Consequent*. Constructing Fuzzy. Alabama, USA, 1998a.
- SILVER, William. *Chapter 4 Data-Driven Rules - When is a Rule Fireable ?*. Constructing Fuzzy. Alabama, USA, 1998b.
- SILVER, William. *Chapter 5 Reasoning Patterns and Rule - Firing Schemes*. Constructing Fuzzy. Alabama, USA, 1998c.
- SILVER, William. *Chapter 6 Fuzzy Sets - Using Descriptive Words in Reasoning*. Constructing Fuzzy. Alabama, USA, 1998d.
- SILVER, William. *Chapter 7 Fuzzifying - Using descriptive words instead of numbers*. Constructing Fuzzy. Alabama, USA, 1998e.

SILVER, William. *Chapter 8 Defuzzifying - Converting Fuzzy Set Confidences into Numbers*. Constructing Fuzzy. Alabama, USA, 1998f.

SILVER, William. *Chapter 9 Fuzzy Numbers and Aproximate Comparisons*. Constructing Fuzzy. Alabama, USA, 1998g.

SOUZA, Carlos Pimentel de. *Lógica Fuzzy – Introdução*. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 1999a.

SOUZA, Carlos Pimentel de. *Lógica Fuzzy – Sistemas Nebulosos*. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1999b.

VIOT, Greg. *Fuzzy Logic - Concepts to Constructs*. AI Expert. USA, 8, 13, p. 26-33, 1993.

YUAN, Bo; KLIR, George J. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. USA: Ed. Pearson, 1997.

ZADEH, Lotfi Asker. *Fuzzy Sets*. Information and Control. USA, 8, 1965.

ZADEH, Lotfi Asker; KAPCRZYK, Janusz.. Fuzzy Logic for the Management of Uncertainty. USA: Ed. Jonh Wiley Professional, 1992.

ZADEH, Lotfi Asker; TITLI, Andre; JAMSHIDI, Mohammad. Aplications of Fuzzy Logic. USA: Ed. Prentice Hall, 1997.